Lane Medical Library

Aus der Medizinischen Veterinärklinik der Universität Gießen.
Direktor Prof. Dr. Nörr.

1929

Zur Sphygmographie in der Veterinärklinik bei Pferd und Hund.

(Mit 33 Abbildungen.)

Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Veterinärmedizinischen Fakultät

der

Hessischen Ludwigs-Universität
zu Gießen

vorgelegt von

Rudolf Maier
Tierarzt aus Montigny (Metz).

Gießen 1929
Druckerei der Gießener Studentenhilfe

Gedruckt mit Genehmigung der veterinär-medizinischen Fakultät zu Gießen.

Referent: Prof. Dr. Nörr

Einleitung.

Bei der Untersuchung des Zirkulationsapparates ist es für die Zwecke der praktischen Tierheilkunde im Allgemeinen hinreichend, sich durch Palpation mit Hilfe des Fingers Aufschluß zu erholen über Frequenz, Rhythmus, Größe, Verlauf und Spannung des Pulses. Natürlich kann ein derartiges Verfahren keinen Anspruch darauf erheben, genau und objektiv zu sein. Selbst bei großer Erfahrung des Untersuchenden haften ihm insofern Mängel an, als dabei feinere Abweichungen nicht erkannt werden und die rein subjektiven Eindrücke zu Irrtümern nicht selten Anlaß geben. Will man eingehender und objektiv über die Vorgänge, die sich im Arteriensystem abspielen, unterrichtet sein, so muß man sich deshalb der graphischen Darstellung des Arterienpulses, der Sphygmographie, bedienen.

Der Erste, der es im Jahre 1855 unternahm Pulswellen und zwar die des Menschen mit einer von ihm hergestellten Vorrichtung zu registrieren, war Vierordt (43). Seine Erfindung bedeutete zur damaligen Zeit zweifellos einen großen Erfolg. Bedauerlicherweise wurde sie nur den gewünschten Anforderungen, wie sich bald herausstellte, nicht gerecht. Das erste wirklich brauchbare Instrument konstruierte Marey (24) im Jahre 1860. Ihm folgten bald verschiedene, die sich auch mit dem Bau solcher Apparate befaßten.

Marey (25) und Chauveau (25) waren die ersten, die Pulsbilder von Tieren und zwar von Pferden aufzeichneten. Ihre Untersuchungen wären wohl der Vergessenheit anheim gefallen, wenn nicht Sussdorf (41) diesen Gegenstand wieder aufgenommen hätte. Ebenso wie bei Grashey (15), Angerstein (1) und Hartmann (16), die ihm auf dem Gebiete der Sphygmographie folgten, war sein Hauptaugenmerk auf physiologische Studien gerichtet. Praktisch benützt wurde die Sphygmographie bei Pferd und Rind gelegentlich pharmakologischer Arbeiten von Gmelin (14) und Röder (39).

Während Sussdorf (42) nur gelegentlich einmal bei einem mit Herzarhythmie behafteten Pferde den Puls aufnahm, befaßten sich rein klinisch mit der Pulsaufzeichnung beim Pferde Marek (21) und Nörr (26-34).

Bei der ausgezeichneten Verwendbarkeit des Hundes als Versuchstier kann es nicht wundernehmen, daß man sich seiner zu physiologischen und pharmakologischen Experimenten, die über Herztätigkeit und Pulsbeschaffenheit Auskunft erteilen sollten, oft bediente. Während Marey (25) durch Anschluß an ein arterielles Blutgefäß nur manometrische Blutdruckkurven aufzeichnete, erhielten Knoll (18) und Angerstein (1) auf unblutigem Wege gewonnene Sphygmogramme. Der erzielte Erfolg wird von Letzteren als nicht befriedigend bezeichnet.

Klinisch spielte die Sphygmographie beim Hunde bis jetzt wohl noch keine nennenswerte Rolle.

Die Apparate, die zur graphischen Darstellung des arteriellen Pulses konstruiert worden sind, lassen sich in zwei große Gruppen einteilen. Bei der einen wird der an der Arterie beobachtete Vorgang auf mechanischem Wege registriert, bei der anderen geschieht dies mit Hilfe der Optik. Unterabteilungen dieser großen Gruppen bestehen insofern, als man zwischen Apparaten der direkten und indirekten Methode zu unterscheiden hat.

Für die Zwecke der Veterinärmedizin eignen sich nur Konstruktionen der letzten Art; die ihnen anhaftenden Nachteile, die im folgenden noch des näheren zu erörtern sein werden, müssen wohl oder übel in Kauf genommen werden. Denn abgesehen davon, daß sich ein Pulsschreiber der direkten Methode an den bei Tieren zur Verfügung stehenden Arterien schlecht adaptieren läßt, hat man immer mit der Unruhe dieser Untersuchungsobjekte zu rechnen. Dabei ist das Instrumentarium sehr oft Beschädigungen ausgesetzt. Unerwünschte Zwischenfälle ereignen sich bei Verwendung des Transmissionssphygmographen weniger, da bei ihm die vor Schaden zu schützenden Teile dank eines entsprechend langen Verbindungsschlauches in ziemlicher Entfernung aufgestellt werden können.

Während in der Humanmedizin bei der Untersuchung der Kreislauforgane der Sphygmographie eine nicht geringe Rolle zukommt und hierzu die neuesten und technisch vollkommensten Apparaturen herangezogen werden, wurde in der Veterinärmedizin bisher auf diesem Gebiete, wie aus vorstehendem hervorgeht, verhältsmäßig wenig gearbeitet und

berichtet. Neuerungen der letzten Zeit, wie die optische Registrierung des Arterienpulses sind hier überhaupt noch nicht zur Anwendung gekommen.

Voraussetzung für eine erfolgversprechende Auswertung in der Veterinärklinik ist natürlich die gründliche Kenntnis der normalen Verhältnisse. Sie weist noch verschiedentlich Lücken auf. Einen Teil von ihnen auszufüllen, war Aufgabe der hier niedergelegten Untersuchungen, mit deren Durchführung ich von Herrn Professor Dr. Nörr betraut wurde.

Eingegangen soll zunächst werden auf die Anforderungen, die nach den bisherigen Erfahrungen und nach Berechnungen, deren Ergebnisse der Praxis sehr zustatten kommen, an einen möglichst einwandfrei arbeitenden Sphygmographen zu stellen sind. Dem wird dann eine Besprechung der gebrauchten Apparate, eine Darstellung der Aufnahmetechnik, eine Erklärung der Pulskurve im Allgemeinen und zuletzt eine Gegenüberstellung der Kurven folgen, die mittels der zur Verfügung stehenden Apparate gefertigt wurden.

I. Hauptteil.

Eigenschaften des Sphygmographen.

Begründer der Theorie.

Das Verdienst, sich als Erster theoretisch mit der Frage befaßt zu haben, welche Forderungen an ein Registrierinstrument zu stellen sind, gebührt Redtenbacher (37-38). Das Ergebnis seiner Arbeit legte er in der Vierordt'schen Monographie „Die Lehre vom Arterienpuls" nieder. Eingehender ließ sich nach ihm Mach (20) über diese Materie aus.

Im Gegensatz zu den beiden Erstgenannten versuchten Landois (19), Hürthle (17), und Fick (7) auf rein empirischem Wege zur Konstruktion brauchbarer Instrumente zu gelangen. Bald stellte sich aber heraus, daß ihr Bestreben auf diese Art zu verbessern nicht das richtige war.

Erst Frank (8-12) und Petter (35-36) waren es, die die Anwendung der Theorie auf dem Gebiete der graphischen Methode einer eingehenden Würdigung unterzogen. Da die Resultate ihrer Forschungen bei der Beurteilung der von mir insbesondere zu besprechenden Apparate von fundamentaler Bedeutung sind, so seien gerade sie im folgenden als Grundlage verwandt und zur Nutzanwendung auf die Praxis herangezogen.

Registrierapparat und Registrierfläche sind die beiden Bestandteile, die jeder Apparat aufweisen muß, der der graphischen Aufnahme von Lebensfunktionen, die sich in einer Bewegung äußern, dienen soll. Die Umgestaltung der zu beobachtenden Lebensfunktionen in Exkursionen einer Schreibvorrichtung, die aus einer Schreibfeder oder einem Lichtstrahl bestehen kann, hat der Registrierapparat zu besorgen. Die Registrierfläche zeichnet diese Exkursionen in Kurvenform auf.

Hebelsphygmographen.

Bei den auf dem Hebelprinzip aufgebauten Pulsschreibern, die für den Gebrauch in der Veterinärmedizin geeignet sind, besteht der Registrierapparat gewöhnlich aus einer Marey'schen Trommel und dem daraufsitzenden

Hebelsystem. An das Ganze schließt sich der Verbindungsschlauch mit der Aufnahmevorrichtung an.

Bezüglich der Größe des Marey'schen Tambours ist zu bemerken, daß nach der von Frank (11) aufgestellten Formel die Empfindlichkeit des Registriersystems mit der Vergrößerung der Trommel stark wächst.

Ein für einwandfreies Arbeiten des Instruments wichtiges Moment ist die richtige Bespannung des Membransystems. Voraussetzung dafür ist, daß die Membran während des Aufspannens auf die Trommel eine Dehnung von 7 % erfährt. Dieser Dehnungsgröße kommt man ziemlich nahe, wenn man die Gummiplatte weder sehr locker aufbindet, noch so stark spannt, daß das Geschäft des Aufspannens Mühe macht. Zu dieser für die Praxis sehr wertvollen Erkenntnis kam Frank (12) gelegentlich der Ausführung zahlreicher Versuche, die zeitlich der Abfassung seiner Theorie vorausgingen. Besitzt dieMembran die richtige Dehnung, so gilt für sie der Satz daß der von ihr ausgehende Ausschlag dem auf sie ausgeübten Druck proportional ist. Ist ihre Dehnung zu gering, so nimmt die Spannung während der Aufblähung der Membran übermäßig zu, die Folge ist eine große Verminderung der Empfindlichkeit. Diese wird ungleichmäßig und mit steigendem Druck um vieles geringer. Dieser Fall tritt auch ein, wenn die Membran sehr fein ist.

Abgesehen von der Tatsache, daß eine zu starke Dehnung der Membran dem Aufbinden auf die Kapsel so große Schwierigkeiten in den Weg setzt, daß sie nur mit Mühe zu Stande kommt, tut eine nähere Erörterung dieses Zustandes deshalb nicht not, da wohl einzusehen ist, daß mit der Zunahme der Membranspannung über die Optimalgrenze hinaus ihre Empfindlichkeit abnehmen muß.

Die Aufgabe, den Hebel des Registrierapparates mit der Membran der Marey'schen Trommel zu verbinden, hat eine der Membran aufgeklebte, aus möglichst leichtem Material zu wählende Platte, deren Durchmesser am vorteilhaftesten mehr als die Hälfte des Membrandurchmessers ausmachen soll. Der Weg, den ihr Zentrum von der Höhe, die die Membran während der Ruhestellung einnimmt, bis zu ihrer Ausbauchung stellt den Ausschlag der Membran dar.

Dieser Ausschlag der Membran, der sich in einer gerade ansteigenden Bewegung äußert, wird am Ende eines

Hebelsystems in eine drehende umgesetzt. Das Hebelsystem besteht aus einem mit einer Schreibspitze versehenen Stäbchen, dem Schreibhebel.

Die Stellen, die sich an ihm durch ihre Funktion besonders hervortun sind: Die Achse, der Angriffspunkt der Kraft und die Schreibspitze.

Von Achsenlagerungen kennt man zwei Arten. Die erste und gebräuchlichere ist derart, daß die Achsenenden in einer Spitze auslaufen, die beiderseits in einer konischen, ihr möglichst genau angepaßten Einsenkung liegt, deren Achse mit dem Verlauf der Hebelachse gleich läuft. Diese Lagerung hat den großen Nachteil, daß ihre Reibung sehr unregelmäßig ist. Eine weit geringere und regelmäßigere Reibung weist eine zweite Lagerung auf, bei der der Hebel sich nach Art eines Waagebalkens bewegt. Seine Hebelachse ruht in diesem Falle auf senkrecht zu dieser stehenden Spitzen, die selbst wieder auf konischen Einschnitten liegen.

Bei der Herstellung der Hebel ist zu beachten, daß sie so kurz wie möglich sein sollen. Solche aus hohlen Stroh- oder Heuhalmen haben sich bisher am besten bewährt.

Die Schreibspitze soll derart der Registrierfläche aufliegen, daß sie während der Bewegung nicht von dieser abkommt, natürlich darf sie aber auch nicht allzu fest aufsitzen, da sonst ihre Hemmung so groß werden kann, daß die Beweglichkeit des Hebels ganz unterdrückt wird. Als die brauchbarsten sind wohl die aus Papier hergestellten Schreibspitzen anzusprechen.

Die Hebelschreibung, bei der die Schreibspitze von der Seite anliegt und dabei Kreisbögen beschreibt, nennt man tangentiale oder auch Seitenschreibung. Ihr gegenüber steht die sogenannte Stirnschreibung, bei der die Schreibspitze in der Ruhestellung der Schreibfläche eine Gerade längs der Zylinderachse beschreibt. Am gebräuchlichsten und auch wohl am vorteilhaftesten ist die Verwendung der Seitenschreibung. Der Nachteil, daß bei ihr die Schreibspitze keine Gerade, sondern Kreisbögen aufzeichnet, spielt praktisch bei der geringen Größe der aufzunehmenden Kurven kaum eine Rolle, ebensowenig wie der Umstand, daß die Schreibfeder während der Bewegung des Hebels etwas von der Zylinderfläche abkommt. Gerade der letztere Mangel ist durch eine geringe Erhöhung des Drucks der Schreibspitze an die Zylinderfläche leicht zu beheben, ohne daß dadurch der Hebel wesentlich an Beweglichkeit

verliert. Die eben erwähnten Mängel der Seitenschreibung weist wohl der Stirnhebel nicht auf. Dafür erfährt jedoch bei diesem der Schreibhebel eine starke Vermehrung an Gewicht. Der vermeintliche Vorteil ist damit hinfällig.

Die Rolle der Weiterleitung des von der zu untersuchenden Arterie ausgehenden Vorgangs bis zur Gummiplatte der Marey'schen Trommel übernimmt beim Transmissionssphygmographen eine lufthaltige, gewöhnlich aus einem Gummischlauch bestehende Röhre. Die in dieser vorhandenen rhythmischen Bewegungen der Luft genau zu identifizieren, ist nicht leicht. Am ehesten kann man sich wohl von diesen eine Vorstellung machen, wenn man annimmt, daß es sich hierbei um ein stehendes Wellensystem handelt, bei dem sich in einem abgegrenzten Zeitabschnitt alle Teilchen in derselben Richtung fortbewegen. Sollen diese dem Übertragungssystem aufgezwungenen Schwingungen vom Registriersystem richtig aufgezeichnet werden, so ist es erforderlich, daß dessen Eigenschwingungen eine wesentlich kürzere Dauer haben, als die raschesten Schwingungen sie besitzen, die registriert werden sollen. Nach Franks (12) Berechnungen hat eine Marey'sche Kapsel eine Schwingungszahl von weniger als 56.

Der zwischen Aufnahmevorrichtung und Registriersystem einzuschaltende Verbindungsschlauch soll vor allem möglichst starr sein, damit weder eine von außen noch von innen einwirkende Kraft ihn in seinem Umfang zu verändern vermag. Die Auswirkung der Elastizität des Gummis soll praktisch nicht in Betracht kommen. Seine Länge soll über $1^1/_2$ m nicht hinausgehen. Dem kann leider bei der Aufnahme von Pferden nicht entsprochen werden, da diese Länge nicht die nötige Bewegungsfreiheit gewährleistet, die für die Sicherheit des Instruments erforderlich ist.

Als Aufnahmevorrichtung dient in den meisten Fällen eine Aufnahmekapsel mit aufgeklebter Pelotte. Sie existiert in verschiedenen Aufmachungen. Marey (25) verwandte ein länglich ovales Näpfchen, dessen Rand an den zwei Enden einen seichten Ausschnitt hatte. Martin (22) verfertigte eine messingene Trommel, Gmelin (14) einen kleinen Glastrichter mit rechtwinklich abgebogenem Ausflußrohr, Hartmann (16) eine durch Membran abgeschlossene eirunde Kapsel mit einer Auskehlung des auf die Membran aufgeleimten Hartgummistückes.

Der Teil des Sphygmographen, der die Registriertrommel an der Spitze des Schreibhebels vorbeigleiten läßt, ist

das sogenannte Kymographion. Von ihm verlangt man möglichst gleichmäßigen Gang. Leider muß man gestehen, daß bis jetzt noch keine Konstruktion gefunden worden ist, die dieser Forderung einwandfrei gerecht zu werden im Stande ist. Der Grund hierfür ist ein verschiedener. In Betracht kommen vor allem Ungleichheit in der treibenden Kraft und in der Reibung der einzelnen Apparatteile aneinander, letztere besonders beim Vorhandensein von Zahnrädern. Diesem Übelstand nach Möglichkeit zu steuern, ist es sehr angebracht die Triebkraft durch Verbindung mit einem Windflügel, einem Zentrifugalregulatoren, durch Flüssigkeitsdämpfer oder durch Foucault'sche Ströme Arbeit leisten zu lassen. Man erreicht hierdurch, daß die Unregelmäßigkeiten in der Reibung der verschiedenen Apparatteile, außerdem die Ungleichmäßigkeit der Triebkraft so gut wie ausgeschaltet wird.

Als treibende Kraft kann dienen die Spannung einer Feder — Frank (11) empfiehlt zu diesem Zwecke sehr lange Federn, die nach seiner Angabe eine gleichmäßige Bewegung während 10 — 12 Minuten gewährleisten — ein fallendes Gewicht, ein Elektromotor oder die Wasserkraft. Den Vorzug größter Gleichmäßigkeit in der Bewegung besäße die Energie eines fallenden Gewichtes. Hindernd steht der große Umfang der zu ihrer Ausnützung notwendigen Anlage im Wege. Außerdem ist die während einer Aufnahme zur Verfügung stehende Zeitdauer eine sehr beschränkte.

Die Registrierfläche des Kymographions kann mannigfacher Art sein. Die einfachste besteht aus einem berußten Papierband, das der Trommel straff anliegt. Etwas komplizierter ist eine zweite, die aus einem berußten Papierband besteht, das um einen Antriebszylinder und eine oder mehrere Gleitwalzen bewegt wird. Bei einer dritten Aufmachung wird das Papier von einer Rolle ab und auf eine zweite aufgerollt. Auf dem zwischen den beiden Rollen zurückgelegten Weg wird das Papier über Walzen bewegt. In diesem Falle ist eine Berußung des Papiers unmöglich. Man ist hier gezwungen mit Tinte zu schreiben, was bei der Größe der hierzu notwendigen Schreibspitze eine starke Vermehrung des Trägheitsmoments des Hebels bedingt. Die Vorzüge dieser Konstruktion sind unter solchen Umständen leider illusorisch. Sie bestehen bei den beiden letztgenannten Modifikationen der Bespannung darin, daß man längere Kurven als bei der ersten aufzunehmen im Stande ist.

Von dem zur Beschreibung gebrauchten Papier verlangt man große Feinheit und Glätte. Seine Höhe entspricht der der Aufnahmewalze, seine Länge deren Umfang, vermehrt um einen ca. 1 cm breiten Rand. Das Registrierpapier soll der Walze ohne Falten zu bilden, so straff wie möglich anliegen.

Nach Franks (11) Angaben läßt sich das Papier am besten mit Hilfe einer Gasflamme berußen. Marey (24) empfiehlt zu diesem Zwecke einen Wachsstock. Ich selbst benutzte ein Gemisch von Petroleum und Terpentinöl zu gleichen Teilen. In einen langen, schmalen, kastenförmigen Blechbehälter gebracht, dessen Oberseite einen schmalen Spalt zur Aufnahme eines Dochtes enthielt, konnte das Gemisch verbrannt werden und verursachte die Entwicklung eines dichten Qualmes. Die Fixierung der Rußschicht auf dem Papier geschieht durch eine Schellacklösung, zu deren Herstellung Frank 10 Teile Schellack in 100 Teilen $90^0/_0$igen Alkohols bei gelinder Erwärmung löst. Ein anderes Rezept schreibt eine Versetzung $90^0/_0$igen Alkohols mit Schellack bis zur völligen Sättigung vor.

Um sich einesteils über die Güte des benützten Kymographions bezüglich seines mehr oder weniger gleichmäßigen Ganges unterrichten, insbesondere aber um bei der Beurteilung der aufgeschriebenen Kurven sich ein Bild von dem während dieses Vorgangs verflossenen Zeitraum machen zu können, hat man sich daran gewöhnt, unter jede Kurvenreihe eine Zeitmarkierung zu setzen. Der Apparate, die zu diesem Zwecke gebaut wurden, gibt es sehr viele. Von ihnen seien erwähnt als die meistbenützten das Jacquet'sche Chronometer, die Zimmermann'sche Stimmgabel, die meist elektromagnetisch in Bewegung gesetzt wird, die Brodie'sche Uhr, ein Pendeluhrwerk nach Bowditch, außerdem die mittels Signalübertragung arbeitenden Zeitgeber.

Spiegelsphygmographen.

Aus den Ausführungen, die über Apparate mit Hebelsystem handelten, ist zu ersehen, daß bei diesen das Trägheits- und Reibungsmoment des Hebels eine nicht unerhebliche Rolle spielt. Um die Leistung des Registrierapparates nach Möglichkeit durch Ausschaltung dieser Faktoren zu steigern, versuchte Frank (8) auf optischem Weg, den an den Arterien sich abspielenden Vorgang festzuhalten. Auf demselben Prinzip beruht der Pulsspiegel, den Bern-

stein (2) und vor ihm schon Czermak (4 — 5) anwandte. Er wird der pulsierenden Stelle direkt aufgeklebt. Ein auf den Spiegel fallender und von ihm wieder reflektierter Lichtstrahl wird auf photographischem Wege festgehalten. Daß dieser Apparat, der schon für humanmedizinische Zwecke seiner unbequemen Handhabung wegen selten benutzt wird, für die Veterinärmedizin überhaupt nicht in Frage kommt, ist wohl verständlich.

Franks (11) Spiegelapparat existiert in zwei Ausführungen. Der erste von ihnen arbeitet ohne zu Hilfenahme irgend eines Hebels. Bei ihm ist der Spiegel auf der Gummimembran der Registrierkapsel angebracht. Ein Mittelding zwischen dieser Konstruktion und dem Hebelapparat stellt die zweite Ausführung dar. Sie trägt den Spiegel auf einer eigenen Vorrichtung, die sich wie ein Hebel um eine Achse bewegt. Da hier das Trägheitsmoment dieselbe Rolle spielt, wie beim Hebelapparat, so hat dieses Instrument vor letzterem keinen besonderen Vorzug.

Das zur optischen Registrierung notwendige Licht geht von einer starken Lichtquelle aus. Der von ihr kommende Lichtstrahl fällt auf den Registrierspiegel und wird durch dessen Excursionen in eine drehende Bewegung versetzt. Das Ende des Lichtstrahls fällt auf den dem Spiegel gegenüberstehenden Film und zeichnet auf diesem seine Bewegungen in Form einer Kurve auf.

Der beobachtete Vorgang.

Bei näherem Eingehen auf das Kapitel Sphygmographie werden wir uns zunächst einmal die Frage vorlegen, welcher Vorgang eigentlich dabei verzeichnet wird und wie dieser zu Stande kommt.

Beobachten wir eine oberflächlich gelegene und am besten einer festen Unterlage aufliegende Arterie, z. B. die Arteria transversa faciei oder die Arteria maxillaris externa des Pferdes, so fällt uns längs des Arterienverlaufes eine rhythmisch auftretende Bewegung der Haut auf. Betasten wir diese Stelle, so fühlen wir ein ruckweises An- und Abschwellen des Gefäßes: den Puls. Seine Entstehung verdankt er den Schwankungen des Blutdruckes im Rhythmus des Herzschlages. Zu Stande kommen diese Schwankungen einesteils durch die Steigerung des Blutdruckes zu einem Druckmaximum während der Systole, anderenteils durch dessen Senkung zu einem Druckminimum während der Diastole des Herzens. Nimmt man die erwähnten Blut-

druckschwankungen, die sich in einer Kaliberveränderung der Gefäße äußern, mittels eines Sphygmographen auf, so erhält man die Pulskurven, die also eigentlich auf unblutige Weise gewonnene Druckkurven sind.

Die einzelnen Phasen der Kurven ihrer Entstehung nach zu deuten, bemühten sich so ziemlich alle, die solche herstellten, mit Ausnahme von Martin (23), der die Erörterung dieses Themas offen läßt.

Da die Benennung der in der Kurve besonders auffallenden Punkte von den früheren Autoren weniger auf deren physiologische Bedeutung, als auf ihre räumliche Aufeinanderfolge Bedacht nahm, so sei hier die Art der Bezeichnung gewählt, wie sie Frank (9—10) aufgestellt hat.

Besonders zu betonen ist in diesem Zusammenhange, daß zwischen Kurven von einer zentral gelegenen und solchen einer peripherischen Arterie ein nicht unbedeutender Unterschied festzustellen ist. Bedingt wird dieser durch die Verschiedenheit in der Entstehung des Pulses in den genannten Gefäßabschnitten. Während der zentrale Puls seine Form fast völlig der Arbeit des linken Ventrikels verdankt, wird der peripherische wesentlich durch Einwirkungen, die ihren Ausgang von der Gefäßwand nehmen, bestimmt. Hauptsächlich sind es Eigenschwingungen des Arteriensystems, dann aber auch Reflexerscheinungen, die die Veränderungen des peripherischen gegenüber dem zentralen Puls hervorrufen.

Zunächst etwas über die Form des zentralen Pulses. Da sie einwandfrei und rein nur im ersten Abschnitt der Aorta gewonnen werden kann, so kommt ihre Herstellung für klinische Zwecke gar nicht in Betracht. Dennoch ist ihre Kenntnis für die Beurteilung der an peripherischen Arterien gewonnenen Kurven unbedingt notwendig.

Am zentralen Puls haben wir nach Frank (9) folgende Phasen zu unterscheiden:

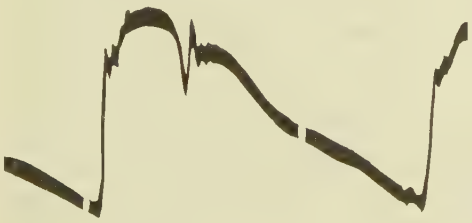

Abbildung 1
Aortendruckkurve des Hundes.
(Nach Frank)

den systolischen Anstieg
die Anfangsschwingung
den systolischen Hauptteil
die Inzisur
die Nachschwingung
den diastolischen Teil und
die beiden Vorschwingungen.

Den Anfang der Kurve bildet der mit großer Steilheit aufsteigende Schenkel, dem die Anfangsschwingung, eine Eigenschwingung im Gefäßsystem, folgt. Der Druck steigt danach noch weiter bis zu seinem Gipfelpunkt, um von dort bis zur Inzisur schnell zu fallen. Vom Gipfelpunkt ab verringert sich mit dem Beginn der Diastole der Druck im Herzen. Die Folge ist ein Zurückfluten des Blutes in der Aorta. Es prallt an den Semilunarklappen an. Hieraus resultiert die Nachschwingung. Die nun folgende erste Vorschwingung entsteht durch die Einwirkung der Vorhofsystole, die zweite wird durch den plötzlichen Druckanstieg im Ventrikel während des Beginns der Anspannungszeit hervorgerufen.

Nun zur Betrachtung des peripherischen Pulses.

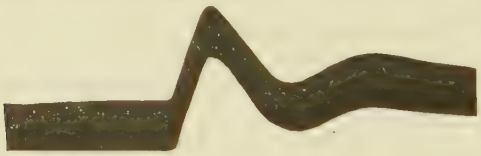

Abbildung 2
Femoralisdruckkurve des Hundes.
(Nach Frank)

Er gibt ein von dem zentralen wesentlich verschiedenes Bild ab. Hatten wir dort als Hauptcharakteristikum ein steiles Ansteigen der Kurve, so beobachten wir hier einen allmählichen Druckanstieg. Die sich dort scharf absetzende Inzisur ist hier nur als flache Einsenkung angedeutet, der eine schwache, dikrote Erhebung folgt. Der zeitliche Abstand vom Beginn des systolischen Anstiegs bis zum Minimum der dikroten Erhebung stimmt gewöhnlich nicht mit dem vom Beginn des systolischen Anstiegs bis zum Fußpunkt der Inzisur beim zentralen Puls überein. Den Grund für die Verschiedenheit der beiden Pulsbilder wird man ohne weiteres in der Entstehungsursache zu suchen haben, über die weiter oben ja schon gesprochen wurde.

II. Hauptteil.

Eigene Versuche.

Die gebrauchten Apparate.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen einige Worte über die von mir gebrauchten Apparate.

Zunächst stand mir zur Verfügung ein Marey'scher Tambour, der nach einem Modell aus dem Leipziger Veterinär-physiologischen Institute gefertigt war, dazu ein Kymographion, das früher im Institut zur Aufnahme von Pansenbewegungen beim Rind gebraucht wurde.

Die Ausmaße des Tambours waren folgende: Höhe im Mittelpunkt 5 mm, am Rande 4 mm, Durchmesser 3,3 cm. Die Gummimembran, die zu seiner Bespannung diente, stammte von einem Gummifingerling, wie man ihn zu Untersuchungszwecken bei kleinen Haustieren verwendet.

Die Höhe des Papiers, mit dem die Kymographionwalze beklebt wurde, betrug 20 cm, seine Länge 52 cm. Diese stellt zugleich den Umfang der Walze dar, abzüglich 2 cm, die zur Überklebung des einen Papierrandes mit dem anderen nötig waren.

Die Aufnahmekapsel ist nach Nörrs Angaben angefertigt. Um ihren optimalen Luftinhalt festzustellen, goss er den Innenraum einer zunächst ziemlich groß gewählten Kapsel mit einer zunehmenden Menge Wachs aus. Als hierdurch die geeignetste Größe des Luftinhalts gefunden war, füllte er den übrig gebliebenen Kapselraum mit Wasser. Die Menge desselben stellte den Kubikinhalt der neu zu fertigenden Kapsel dar. Sie hatte eine längsovale Form; sie war 5 cm lang, 2,3 cm breit und 8 mm tief. Ihre Membran hatte eine Stärke von ca. 0,5 mm.

Als Verbindung zwischen Aufnahme- und Registrierkapsel war ein 2 m langer Gummischlauch vorhanden von 8 mm Durchmesser und 2 mm Wandstärke. Seine Widerstandskraft gegenüber Druck war so groß, daß es nicht notwendig war, ihn an den durch Druck besonders gefährdeten Stellen durch eine Drahtspirale zu versteifen.

Als zweites Instrument diente mir zu meinen Aufnahmen der Zusatzapparat zum Elektrokardiographen zur Registrierung des Arterien- oder Venenpulses, den die Firma Siemens & Halske nach dem Frank'schen Prinzip mittels Luftübertragung baut. Ich werde ihn von nun ab der Einfachheit halber optischen Pulsregistrierer nennen. Verwendung fand diese Konstruktion bisher nur auf humanmedi-

zinischem Gebiete. Sie besteht aus einer Registriertrommel, die auf der offenen Stirnseite mit einer dünnen Gummiplatte bespannt ist, auf der geschlossenen Rückseite dagegen in einer kleinen, rechtwinklig abgebogenen Röhre endigt, auf die der Verbindungsschlauch zur Aufnahmevorrichtung aufzuziehen ist. Nahe dem einen seitlichen Rande der Trommel sitzt der Gummimembran ein Planspiegelchen auf, das die Registrierung der Lageveränderungen seiner Unterlage zu besorgen hat. Nach der Angabe der Firma ist der zu untersuchenden Gefäßwand ein Glastrichterchen aufzusetzen, das an den Verbindungsschlauch angeschlossen wird. Das Glastrichterchen wird von der Herstellerin des Apparates in drei verschiedenen Größen geliefert und zwar mit einem lichten Durchmesser von 43, 25 und 21 mm. Die Höhe des Trichterkörpers ist bei allen Größen annähernd gleich. Sie beträgt 25 mm.

Aufnahmetechnik.

Daß zur Gewinnung befriedigender Pulskurven nur der Gebrauch von Apparaten führen kann, die den angeführten Forderungen genügen, ist selbstverständlich. Eine nicht minder wichtige Rolle spielt die ordnungsgemäße Ausführung der Aufnahmetechnik.

Um ein dem gewöhnlichen Ruhezustand des Tieres entsprechendes Pulsbild zu erhalten, ist es notwendig, alle Umstände, die zu einer Aufregung desselben und dementsprechender Frequenzerhöhung des Pulses führen könnten, fernzuhalten. Erreicht wird dies am besten dadurch, daß man das Tier auf seinem gewöhnlichen Standplatze im Stalle beläßt. Dem kann leider nur bei Benutzung des Marey'schen Transmissionssphygmographen entsprochen werden, denn dieser läßt sich seiner geringen Größe und seines kleines Gewichtes wegen überall dort aufstellen, wo man Aufnahmen zu machen beabsichtigt. Anders ist es mit dem optischen Pulsregistrierer. Seine Einstellung ist nach jedesmaligem Transporte so umständlich und zeitraubend, daß man ihn am besten in einen bestimmten Raum stellt und ihn dort beläßt. Zur Aufnahme ist das Tier dorthin zu verbringen. Eine gewisse Erregung ist hierbei freilich nicht zu umgehen. Für alle Verrichtungen, die in Gegenwart des Untersuchungsobjektes sich abwickeln, ist vor allem große Ruhe notwendig. Dazu kommt bei unruhigen Tieren und zwar besonders bei Pferden noch eine große Ausdauer.

Eine Kategorie von Pferden scheidet für die Untersuchung leider ganz aus. Es sind die Schläger. Wohl könnte man durch Zwangsmaßnahmen die mit ihrer Untersuchung verbundene Gefahr beseitigen. Die unter solchen Umständen gewonnenen Sphygmogramme — in Betracht kommen hier die von der Aorta abdominalis abgeleiteten — entsprechen jedoch wie Hartmann (16) und vor ihm schon Martin (22—23) nachwies, nicht denen, wie sie von Tieren gewonnen werden, die während der Aufnahme an sich ruhig stehen. Die Behandlung, die ihnen zu Teil wird, macht sich nämlich, wie die genannten Autoren berichten und wie auch ich bestätigen kann, in einer Veränderung der in der Ruhe ohne Zwangsmaßnahmen erhaltenen Kurve geltend. An sehr vielen anderen scheitert der Versuch an einer der peripherischen Kopfarterien abzuleiten, da sie für die Länge der Zeit, die zu einer Aufnahme notwendig ist, nicht mit dem Kopfe still halten wollen. Letzterer Umstand fällt allerdings nicht so sehr ins Gewicht, da von der klinischen Seite aus betrachtet die Gewinnung einer Pulskurve von der Aorta abdominalis bei weitem wertvoller ist, als die einer peripherischen Arterie.

Für die Aufnahme des Pulses an peripherischen Arterien ließ ich den Unterkiefer des Pferdes durch die untergeschobene Achsel eines Gehilfen stützen. Durch diese Maßnahme gelang es eine Fixierung des Kopfes herbeizuführen, die sich das Tier noch am besten gefallen ließ.

Der Aufnahme per rectum hat eine Ausräumung des Enddarms vorauszugehen. Das Vorderbein der Seite hochheben zu lassen, auf der der Untersuchende steht, ist, wenn man über das Verhalten des Tieres im Unklaren ist, ganz angebracht. Während der Aufnahme selbst dies durchzuführen, ist weniger zu empfehlen, da ständig das Bestreben besteht, mit der aufgehaltenen Extremität Fuß zu fassen. Hiermit ist ein ständiges Hin- und Herschwanken der Beckengegend verbunden, das dem Zustandekommen einer einwandfreien Kurve Abbruch tut. Anfangs rieb ich meinen in den Mastdarm einzuführenden Arm mit Rüböl ein, wie dies in der Klinik bei Explorationen geschieht. Bald kam ich jedoch hiervon ab. Es zeigte sich nämlich, daß die Gummimembran der Aufnahmekapsel unter dem Einfluß des Öls stark litt, und nach kurzem Gebrauch, oft schon nach 8—14 Tagen zerrissen war. Ich ging deshalb dazu über den zur Exploration zu gebrauchenden Arm einfach mit Kernseife unter Zuhilfenahme von körperwarmem

Wasser tüchtig einzureiben. Der Erfolg war zufriedenstellend. Ab und zu fanden sich wohl unter den Tieren solche, die auf die Berührung der Darmschleimhaut durch den Arm mit Pressen reagierten. Inwieweit dies aber auf etwaigen Reiz der Seife oder auf das einfache Gefühl der Fülle zurückzuführen ist, ließ sich meist nicht einwandfrei feststellen. Nach Entleerung des Rektums führt man die Aufnahmekapsel, deren Ring man sich am besten über den Zeigefinger schiebt, samt dem ihr sich anschließenden Verbindungsschlauch ein. Geht man nun mit dem fühlenden Zeigefinger längs des Kreuzbeins nach vorne, so erreicht man zunächst die beiden Arteriae hypogastricae; ein kurzes Stück vor diesen liegt die Abzweigungsstelle der beiden Arteriae iliacae externae von der Arteria abdominalis. Vor ihnen fühlt man den Stamm der Aorta abdominalis von der Stärke etwa eines starken Besenstiels. Hier ist die Stelle, die Martin (22 — 23) als Erster zur Herstellung seiner Sphygmogramme heranzog, und die sich hierzu, wie unter anderen auch Hartmann (16) erwähnt, am besten eignet.

Der Versuch Hunde im Stehen zu sphygmographieren mißlingt deshalb, weil die Tiere bei dieser Haltung nie die während der Aufnahme nötige Ruhe bewahren, und diese auch nicht durch die Fixierung von Seiten eines Gehilfen herbeizuführen ist. Es bleibt deshalb nichts anderes übrig, als das Tier auf einem in der Nähe des Aufnahmeapparates stehenden Tische platt auf die Seite zu legen. Kopf und die beiden Vorderfüße sind von einem Gehilfen zu halten. Der Untersuchende setzt sich am besten so an den Tisch, daß ihm die Bauch- und untere Brustgegend des Tieres zugewandt ist. Mit der linken Hand führt er nun die Aufnahmekapsel oder den Aufnahmetrichter von hinten her zwischen den beiden Hinterschenkeln durch bis zu der Stelle der Arteria femoralis, die, nicht weit von der Medianlinie entfernt, dem Oberschenkelknochen aufliegt. Den Ort, wo die Aufnahmevorrichtung anzulegen ist, genauer festzulegen ist nicht möglich, da er bei jedem Tiere, je nach dem Ernährungszustand und der Konstitution, wechselt. Im allgemeinen läßt sich nur sagen, daß man da, wo man die Pulsation des Gefäßes am deutlichsten wahrnehmen kann, und wo das Gefäß eine feste Unterlage hat, am besten aufsetzt. Zur Aufzeichnung wird natürlich das Gefäß der Extremität herangezogen, die der Unterlage, dem Tische, direkt aufliegt. Dieses Bein entsprechend festzuhal-

ten, ist Aufgabe des Untersuchenden. Hat man die Aufnahmekapsel oder den Trichter in der rechten Hand, so geht man von vorne an die beiden Hinterschenkel heran. Sich so vor den Hund zu setzen, daß man dessen Rücken vor sich hat, ist an und für sich bequemer, hat aber den großen Nachteil, daß der die Aufnahmevorrichtung haltende Arm, falls es der linke ist, auf die Brustwand des Tieres zu liegen kommt. Die Folge davon ist, daß der Arm die Atemexkursionen des Tieres mitmacht und diese sich auf der Pulskurve dann verzeichnet finden. Bei vielen Hunden verursacht das Legen auf den Tisch eine große Erregung. Sie durch Zureden und Streicheln zu beseitigen, gelingt in den meisten Fällen. Das Unangenehme dabei ist nur der aufgewandte Zeitverlust. Stellt sich bei der Aufnahme ein Muskelzittern ein, so ist an eine ordentliche Aufnahme nicht zu denken. Gewöhnlich handelt es sich dabei um eine Aufregungserscheinung, was daraus hervorgeht, daß es auch im Hochsommer an den heißesten Tagen zu beobachten ist, wo ein Frieren wohl nicht in Betracht kommt. Das Unterlegen einer Decke oder das Einwickeln des Hundes in eine solche hat unter solchen Umständen nicht den geringsten Wert. Hier bleibt nichts anderes übrig, als den Versuch einer Aufnahme auf einen anderen Tag zu verlegen.

Die Aufnahmekapsel kann bei Hunden jeglicher Art ohne jede Vorbereitung der betreffenden Stelle aufgesetzt werden. Anders ist es bei der Verwendung von Trichterchen. Sollen sie der fraglichen Stelle luftdicht aufsitzen, was unumgänglich notwendig ist, so bedarf es zum mindesten einer Abdichtung. Ich stellte sie dadurch her, daß ich den Trichterrand mit einer Schicht Vaseline versah. Oft genügte aber auch diese Maßnahme noch nicht, besonders bei rauh- und langhaarigen Hunden. Hier blieb nichts anderes übrig, als die Adaptionsstelle im Ausmaß des Trichterchens von den Haaren zu befreien.

Mitbestimmend für die Güte des Sphygmographen und damit für die der von ihm erhaltenen Kurven ist der Elastizitätskoeffizient desselben, der sich nach Petter (35) zusammensetzt aus dem Elastizitätskoeffizienten der die Aufnahmekapsel auf die Arterie aufdrückenden Feder, aus dem Elastizitätskoeffizienten der gedrückten Hautstelle, der Weichteile und der darunter liegenden Arterie. Der Elastizitätskoeffizient der aufdrückenden Feder wird in unserem Falle ersetzt durch den der adaptierenden Hand. Daß er bei der wesentlich geringeren Fixierungsmöglich-

keit ständigem Wechsel unterliegt, ist wohl verständlich. Gerade dieser Umstand ist einer der größten Mängel bei der Aufnahme von Tiersphygmogrammen. Bei der immerwährenden, wenn auch geringen, von der Kapsel ausgehenden Druckveränderung wird sich natürlich der Spannungszustand der Haut, der Weichteile und der Arterie stetig verändern. Für die Praxis der Veterinärmedizin spielen alle drei Faktoren eine Rolle bei Hunden. Bei Pferden, wo hauptsächlich die Aorta als Ableitungsstelle dient, fällt der erste Faktor überhaupt weg, während der zweite gewöhnlich eine ganz unwesentliche Rolle spielt.

Am nächsten kommt die Aufzeichnung der beobachteten Blutdruckschwankungen der Wirklichkeit, wenn der auf die Aufnahmekapsel und damit auf die Arterie indirekt ausgeübte Druck dem geringsten während einer Pulsperiode in der Arterie herrschenden Innendruck gleich ist. Läßt man durch stärkeres Andrücken der Kapsel an die Arterie den Außendruck größer werden, so steigt die Pulskurve erst an, wenn der Innendruck anfängt den Außendruck zu übertreffen. Die Auswirkung dieses letzten Satzes hat schon Martin (23) richtig erkannt. Er spricht davon, daß bei zu starkem Druck der Gipfel der Hauptwelle (Flutwellengipfel) zerdrückt wird, er infolgedessen häufig niedriger ist, als die erste Nachwelle (Nachschwingung).

Theoretisch haben wir also für den auf die Aufnahmevorrichtung auszuübenden Druck genügend Anhaltspunkte. Sie in der Praxis entsprechend auszuwerten, ist leider erst durch Übung möglich. Dies ist ein Nachteil der Methode. Das luftdichte Aufsetzen offener Trichter auf die Haut ist, wie ich schon betonte, nicht allzuleicht zu erreichen. Gerne sucht man es dadurch herbeizuführen, daß man einen entsprechenden Druck ausübt. Die Gefahr durch Verengerung des Gefäßlumens, die wie eine Dämpfung wirkt, die Pulsform nicht wahrheitsgetreu wiederzugeben, ist hierbei ziemlich groß. Geringer wird sie, wenn man mit einer Gummimembran überspannte Kapseln benützt, doch immerhin nicht ganz behoben. Läßt man nämlich den auf die Geberkapsel ausgeübten Druck so stark werden, daß die Spannung der eingedrückten Arterienwand durch die der Kapselmembran ersetzt wird, so kann das pulsierende Gefäß durch die Kante der Kapsel stark verengt, ja sogar verschlossen werden.

Durch das mehr oder weniger starke Anpressen der Aufnahmevorrichtung an die zu untersuchende Arterie

würde natürlich die in dem Übertragungssystem eingeschlossene Luft eine entsprechende Kompression erfahren. Die Folge davon wäre, daß hierdurch die Registriertrommel schon von vornherein durch den herrschenden Überdruck ausgebaucht würde, die Druckschwankungen infolgedessen nur noch zum Teil registriert werden könnten. Dies ausschalten zu können, hat man an dem der Marey'schen Trommel angesetzten Mündungsrohr einen mit Hahnen versehenen Nebenschluß angebracht. Vor dem Anlegen der Aufnahmekapsel wird der Hahn geöffnet. Die während des Andrückens verdrängte Luft entweicht durch den Hahn, so daß nach dessen Verschluß bei Beibehaltung desselben Druckes auf die Kapsel der in dem Übertragungssystem vorhandene Luftdruck dem in der freien Atmosphäre herrschenden gleich ist. Nun müßte also bei Ausschaltung der auf die Registriertrommel einwirkenden Druckunterschiede während der Aufnahme deren Gummimembran die Ruhestellung einnehmen. Bei dem Gebrauch von kleinen Glastrichterchen als Aufnahmevorrichtung ist der Druckausgleich sehr einfach durch Freilassen des am Trichterchen angebrachten Loches herzustellen. Ist er geschaffen, so braucht man nur während der Aufnahme mit einer Fingerbeere das Loch zu verschließen.

Da bei Tieren eine gute Fixierung der Aufnahmevorrichtung so, wie man sie beim Menschen gebraucht, nicht möglich ist, so ist man darauf angewiesen, diese mit der Hand vorzunehmen. Daß hierbei jede Bewegung vermieden werden muß, ist selbstverständlich. Um die mit der Ermüdung des Armes, der die Aufnahmekapsel oder den Trichter hält, auftretenden Zitterbewegungen nicht aufkommen zu lassen, ist es zweckmäßig, irgend einen festen Stützpunkt zu suchen. Diesen gewinnt man bei der Aufnahme von Hunden durch festes Aufstützen des Armes auf den Tisch und plattes Auflegen der Hand auf den dem Tisch angedrückten Oberschenkel des Hundes. Während der Aufnahme von Aortenpulskurven beim Pferde gestaltet sich die Fixierung des Armes wesentlich schwieriger. Wohl gewährt das feste Umschließen des Armes durch den Sphinkter ani einen guten Halt. Dies aber auch nur für kurze Zeit. Bald tritt eine Ermüdung der Armmuskulatur ein. Hat man bis zu diesem Zeitpunkt nicht die nötigen Pulskurven gewonnen, so muß man nach der Erholung des Armes erneute Aufnahmeversuche anstellen. Gut bewährt sich während der Aufnahme das Aufsetzen des Daumens und der übrigen

freien Finger zu beiden Seiten der Aorta. Hierdurch erreicht man nicht nur eine gute Stützung, sondern man hat auch Fühlung mit der Umgebung des Gesäßes. Die Darmwand breitet sich dabei gut aus und umkleidet die Aorta als mäßigstarke Membran.

Bei Einsetzen der Peristaltik ist es natürlich ratsam, sofort den Druck der gespreizten Hand aufzugeben, da sonst eine Zerreisung des Darmes leicht eintreten könnte. Das Herannahen und Eintreffen einer peristaltischen Welle, die nach hinten fortschreitend eine Kontraktion und Verdickung des Darmrohres verursacht, macht sich, sobald man etwas von diesem Vorgang mit den tastenden Fingerspitzen fühlt, auch schon an der vom Registrierapparat gezeichneten Kurve bemerkbar.

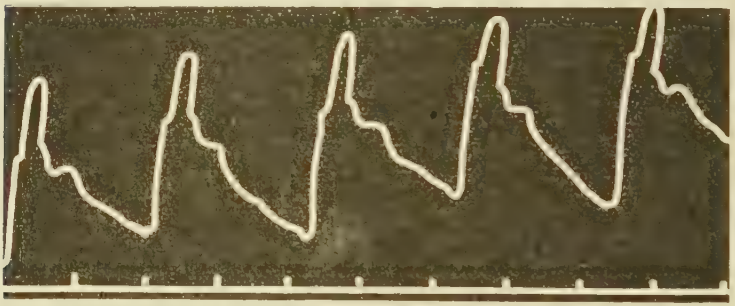

Abb. 3

Sie steigt mit zunehmender Darmkontraktion in die Höhe. Die Ausschlagsgröße und Gestalt der Einzelkurve bleibt hierbei annähernd die gleiche; dies aber auch nur zu Beginn. Bald erreicht nämlich die Darmkontraktion einen so hohen Grad, daß es zur Vermeidung eines Darmrisses unbedingt notwendig ist, jeden Druck auf die Darmwand aufzugeben und sich mit dem Arm ganz passiv zu verhalten, wenn man es nicht vorzieht, ihn ganz aus dem Rectum zu entfernen. Letzteres bei allen Tieren zu tun ist übrigens auch nicht immer angebracht. Viele pressen nämlich schon nach Einführung der Hand in den Enddarm sehr stark und ständig. Wollte man hier immer wieder die Hand zurückziehen, so käme man nie zum Ziel. Durch das Belassen der Hand im Darm gewöhnt sich das Tier, wenn auch nur allmählich, an diesen Zustand und früher oder später läßt sich dann doch noch eine Aufnahme gewinnen.

Bei gutgenährten und jüngeren Tieren ist die Aorta

abdominalis an ihren beidseitigen Randpartien meist so gut in die Umgebung eingebettet, daß die Fixierung der Geberkapsel auf ihrer Mitte keine Mühe macht. Anders bei alten, schlechtgenährten. Hier fühlt man durch die meist dünne und trockene Darmwand hindurch das fragliche Blutgefäß als runden, derben Stamm, der bis zur Wirbelsäule hinauf zu verfolgen ist. Bei derartigen Tieren kommt es des öfteren vor, daß trotz des besten Willens einer guten Fixierung die Kapsel allmählich mit der leichtverschieblichen Darmwand vom Blutgefäß abrutscht.

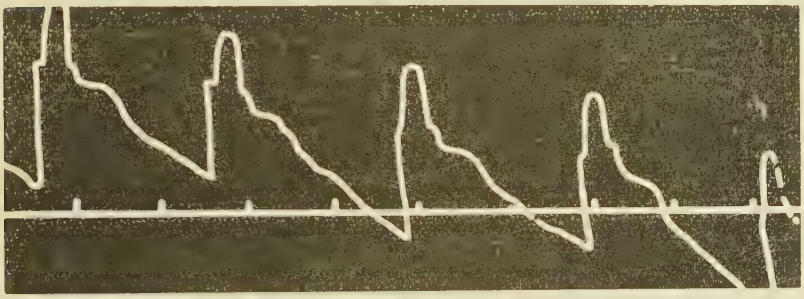

Abb. 4

In der Pulskurve macht sich dies durch Herabsteigen der Einzelkurven bemerkbar, die allmählich ihre ursprüngliche, gut differenzierte Form verlieren. Eine wesentliche Beeinflussung der Pulskurve durch die Atmung des die Aufnahmevorrichtungen Haltenden konnte nicht festgestellt werden.

Die Aufnahme von Sphygmogrammen an peripherischen Arterien macht mit Ausnahme der Widerspenstigkeit der Pferde, die eine Manipulation am Kopfe nur schwer zuläßt, keine besonderen Schwierigkeiten. Das Anlegen der Kapsel ist sehr leicht zu bewerkstelligen, ebenso das des Trichters mit einer Ausnahme. Die Form desselben trägt nämlich nicht den Lageverhältnissen der Arteria maxillaris externa Rechnung.

1. Pferde.

Art der Aufnahme.

Wie wir später noch sehen werden, ist die Aorta abdominalis die geeignetste Stelle für die Abnahme des Sphygmogramms beim Pferde. Für die Beurteilung der vom Marey'schen Transmissionssphygmographen und dem optischen Pulsregistrierer gewonnenen Kurven wurde deshalb gerade dieses Gefäß herangezogen.

Als Aufnahmevorrichtung diente bei beiden Apparaten die gleiche Kapsel und der gleiche Verbindungsschlauch, wie sie weiter oben schon beschrieben wurden.

Der Gang der Kymographiontrommel war so eingestellt, daß diese während einer Sekunde einen Weg von 1 cm zurücklegte. Die Schnelligkeit des im Kymographiongehäuse des Elektrokardiographen ablaufenden Films betrug 30 mm pro Sekunde. Bei dieser Einstellung wurde eine, wenn auch nur annähernde Proportionalität der vom Transmissionssphygmographen und optischen Pulsregistrierer stammenden Kurven erreicht, was beim Vergleichen derselben von Vorteil ist.

Der von der Firma Siemens & Halske gelieferte optische Pulsregistrierer ist ursprünglich für Untersuchungen in der Humanmedizin bestimmt. Die Impulse, die von der menschlichen Arterie auf die Registrierkapsel ausgeübt werden, sind naturgemäß geringere als die vom Pferde. Abgesehen davon nimmt man, wie schon erwähnt am besten die Aorta abdominalis bei diesem Tiere, also das an sich schon größte und stärkste Gefäß, während man sich beim Menschen mit einer mehr peripherisch gelegenen Arterie, der Radialis, begnügt. Daß die zur Aufzeichnung der Kurve zur Verfügung stehende Papierfläche unter solchen Umständen nicht genügt, ist wohl verständlich. Um den im Übertragungssystem auftretenden allzu großen Druck so herabsetzen zu können, daß die aufgezeichneten Kurvenlinien gut auf das Papier kamen, versah ich den Verbindungsschlauch mit einem Nebenschluß. Ich setzte in ihn ein T-Glasrohr ein, dessen eines Ende einen kurzen, mit Klemmschraube versehenen Schlauch trug, die beiden anderen Enden waren in den Verbindungsschlauch selbst eingesetzt. Auf diese Weise war es möglich der entstehenden Kurve durch mehr oder weniger starkes Öffnen oder Schließen des Nebenschlusses eine beliebige Höhe zu verleihen.

Die Bezeichnung der Punkte, die bei der Beurteilung einer Pulskurve von Wichtigkeit sind, wurde bei der Besprechung des zentralen Pulses schon angeführt. Zu bemerken wäre in diesem Zusammenhange noch, daß wir es bei den Sphygmogrammen der Aorta abdominalis nicht mehr mit dem reinen Typus des zentralen Pulses zu tun haben, daß sich vielmehr hier schon die Faktoren bemerkbar machen, die die Eigenart des peripherischen Pulses bedingen. Immerhin spielen diese hier bei der Starrheit der Aortenwand nicht die Rolle, wie bei der Elastizität der peripherischen Gefäße, so daß wir uns ruhig erlauben dürfen, den Aortenpuls dem zentralen gleich zu setzen.

In den nachfolgenden Fällen wurde aus wohlverständlichen Gründen heraus großer Wert auf den Befund des Zirkulationsapparates gelegt, auch wenn er normal war. Im übrigen werden nur vom physiologischen Zustand abweichende Verhältnisse geschildert. Nähere Angaben über den jeweiligen Ernährungszustand zu machen, halte ich deshalb für angebracht, weil er indirekt über die Beschaffenheit des Gewebes Aufschluß zu erteilen im Stande ist, das die zur Aufnahme verwandte Arterie umgibt. Welche Bedeutung das für die Aufnahmetechnik hat, wurde bei deren Beschreibung bereits erwähnt.

1. Fall: Kohlfuchswallach, Zahnalter ca. 15 Jahre, leichtes Arbeitspferd von mittelkräftigem Körperbau und mäßig gutem Ernährungszustand. Schleimhäute blaßrosa-rot. Der Puls schlägt 50 mal in der Minute; er ist groß, kräftig, gleich- und regelmäßig, die Arterie ist mäßig gespannt. Der Herzstoß ist schwach sichtbar, sehr gut fühlbar. Das Herzdämpfungsfeld reicht bis zur 7. Rippe. Die Herztöne sind sehr gut hörbar, deutlich voneinander abgesetzt, Nebengeräusche bestehen nicht. Klinische Diagnose: Thrombose der Beckenarterien.

Zunächst die mit dem Marey'schen Transmissionssphygmographen gewonnene Kurve, Abb. 5.

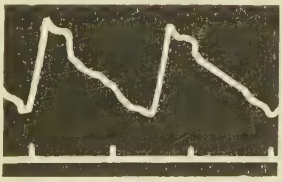

Abb. 5.

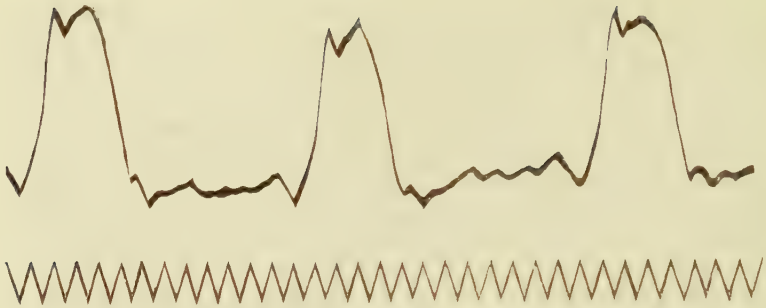

Abb. 6

Die Kurven von Abb. 5 und 6 weichen in ihrem Anfangsteil insofern voneinander ab, als bei 5 der systolische Anstieg die Form einer Geraden hat, während er bei 6 eine schwache Einbiegung aufweist. Der weitere Verlauf deckt sich bei beiden Kurven. Das Ende des steilen systolischen Anstiegs bildet beide Male den ersten Gipfel der Kurve. Ihm folgt die Anfangsschwingung und dann der systolische Hauptteil mit dem zweiten Gipfel. Von hier ab sind nun verschiedene Abweichungen vorhanden. Fürs erste vollzieht sich der Abstieg bis zur Inzisur bei Kurve 6 nicht so steil wie bei 5. Die Länge dieser Strecke macht bei 6 die ganze Kurvenhöhe aus, während sie bei 5 nur etwa ein Drittel derselben beträgt. Die Inzisur ist bei beiden Kurven deutlich ausgeprägt, sie markiert sich in gleicher Weise. Die Nachschwingung oder dikrote Welle ist bei 5 nur schwach angedeutet, dagegen bei 5 sehr gut verzeichnet. Ihr folgen bei beiden Kurven eine oder mehrere flache unbedeutende Erhebungen. Den Schluß von allem bilden erste und zweite Vorschwingung, die bei 5 sich beide gut hervorheben. Während bei 6 die erste Vorschwingung nicht besonders markant ist, macht sich die zweite sehr gut vor dem systolischen Anstieg geltend.

Fall 2: Goldfuchshengst, ca. 10 Monate alt, mittelschweres Arbeitspferd von kräftigem Körperbau und gutem Ernährungszustand. Die sichtbaren Schleimhäute sind blaßrosa-rot. Der Puls schlägt 52 mal in der Minute, er ist mittelgroß, kräftig, gleich- und regelmäßig, die Arterie ist mäßig gespannt. Der Herzstoß ist nicht sichtbar, dagegen gut fühlbar.

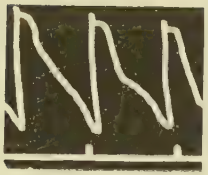

Abb. 7

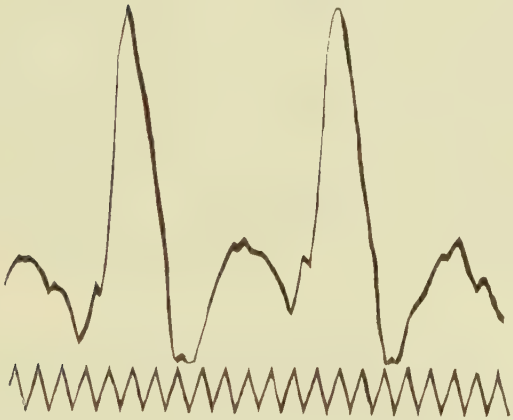

Abb. 8

Hier steigt bei Kurve 7 und 8 die Anfangslinie als Gerade bis zum Gipfel. Während sich nun aber bei 7 die Flutwelle fast nocheinmal bis dorthin erhebt, ist sie bei 8 nur durch eine schwache Einbiegung, und das nicht immer, angedeutet. Das Lageverhältnis der Incisur ist hier so ziemlich wieder das nämliche wie im ersten Fall. Die Höhe derselben macht bei 7 ein Drittel bis ein Halb der ganzen Kurvenhöhe aus, während sie bei 8 den Fußpunkt der Kurve bildet. Ausgeprägt ist sie beide Male in der nämlichen Weise. Die Verzeichnung der Nachschwingung ist, wenn sie sich auch bei 7 fast durchweg abhebt, bei 8 doch deutlicher zu erkennen. Ebenso steht es mit der ersten Vorschwingung. Die zweite Vorschwingung ist bei 7, wenn überhaupt, dann nur mit Mühe zu erkennen, bei 8 bildet sie einen deutlichen Absatz in der Kurve.

Abgesehen von der Eigenart, die jeder Kurve durch den besonderen Mechanismus des aufnehmenden Apparates zukommt, fällt uns in beiden Fällen die Verschiedenheit der Lage der Inzisur bei 7 und 8 auf. Daß sie bei 8 nicht den wirklichen Verhältnissen entsprechen kann, ergibt der Vergleich mit der Frank'schen Aortendruckkurve. Den Grund hierfür haben wir in dem in den Verbindungsschlauch eingesetzten Nebenschluß zu suchen. Ein Teil der durch den heftigen Impuls von seiten des zu untersuchenden Blutgefäßes in Bewegung versetzten Luft hat im zweiten Fall durch den Nebenschluß die Möglichkeit des Entweichens. Nachdem nun die Gummimembran den durch die Systole des Herzens bewirkten Druckanstieg überwunden hat, geht sie ihrer Elastizität zufolge in ihre Gleichgewichtslage sofort zurück. Nur allmählich würde sie das tun, wenn ihr der ganze, nur schrittweise abnehmende Druck, dessen großer Teil durch den Nebenschluß entwichen ist, noch zur Verfügung stünde. Daß also mit Hilfe eines offenen Nebenschlusses eine richtige Verzeichnung des Pulses beim optischen Pulsregistrierer nicht erreicht werden kann, geht schon aus den beiden angeführten Beispielen hervor.

Um meinem Ziele näher zu kommen, ließ ich den Nebenschluß während der Aufnahme von nun ab ganz geschlossen. Dafür bespannte ich die Registrierkapsel mit einer stärkeren Gummimembran. Erreicht sollte damit eine Herabsetzung der Exkursionsgröße der Kapselmembran werden, ohne daß dadurch die Empfindlichkeit des Systems wesentlich Not litt.

Fall 3: Fuchsstute, Zahnalter 5 Jahre, schweres Arbeitspferd, kräftiger Körperbau, mäßig guter Ernährungszustand. Sichtbare Schleimhäute etwas blaß mit einem Stich ins Gelbliche. Der Puls schlägt 46mal in der Minute. Er ist groß, kräftig, gleich- und regelmäßig, die Arterie ist gut gespannt. Der Herzstoß ist nicht sichtbar, dagegen gut fühlbar, das Herzdämpfungsfeld reicht bis zur 6. Rippe. Die Herztöne sind gut hörbar, rein, deutlich voneinander abgesetzt, Nebengeräusche bestehen nicht. Das Allgemeinbefinden des Tieres ist nicht gut. Es ist matt und teilnahmslos. Klinische Diagnose: Verdacht auf infektiöse Anämie.

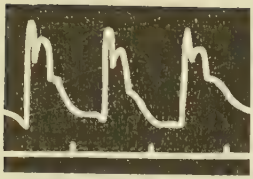

Abb. 9

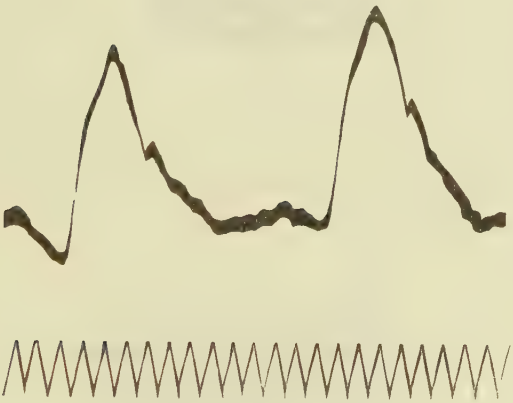

Abb. 10

Bei Kurve 9 ist Beginn der Anfangsschwingung identisch mit Kurvenspitze. Bei Kurve 10 wird diese erst am Übergang von Anfangsschwingung zum systolischen Hauptteil erreicht. Die Inzisur gleicht sich hier nicht nur hinsichtlich ihrer Gestalt, sondern auch in ihrer Höhe. Etwas verschoben ist dieses Verhältnis nur dadurch, daß sich bei Kurve 9 die Schleuderung des Hebels stark bemerkbar macht, wodurch eine größere Höhe vorgetäuscht wird. Die Nachschwingung ist beide Male schlecht zu sehen, die erste Vorschwingung weisen beide Kurven gut auf. Von einer zweiten Vorschwingung ist bei 9 und 10 nichts vorhanden.

Fall 4: Braune Stute, Zahnalter 9 Jahre, mittelkräftiges Arbeitspferd, mäßigguter Ernährungszustand. Sichtbare Schleimhäute blaßrosarot. Der Puls schlägt 60 mal in der Minute. Er ist groß, kräftig, gleich- und regelmäßig, die Arterie ist mäßig gespannt. Der Herzstoß ist nicht sichtbar, dagegen schwach fühlbar. Das Herzdämpfungsfeld reicht bis zur 6. Rippe. Beide Herztöne sind gut hörbar,

der erste Herzton ist deutlich gespalten, der zweite etwas metallisch klingend und leicht akzentuiert. Der Appetit ist sehr mangelhaft. Das Tier macht einen schläfrigen Eindruck. Klinische Diagnose: Verdacht auf infektiöse Anämie.

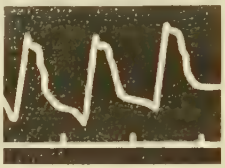

Abb. 11

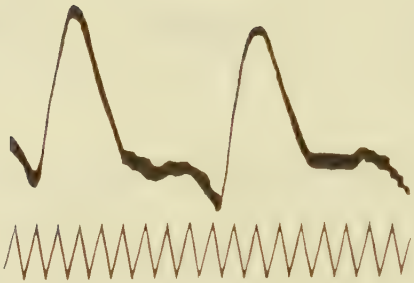

Abb. 12

Den systolischen Anstieg geben auch hier beide Apparate in derselben Weise wieder; während aber bei 11 der Beginn der Anfangsschwingung den Kurvengipfel ausmacht, dem der systolische Hauptteil fast nahe kommt, bildet das Ganze bei 12 nur eine stumpfe Zacke. Besonders am Ende von 11 ist die Inzisur ganz gut sichtbar, bei 12 tritt an deren Stelle eine kaum erkennbare Brechung der Linie. Wenn die Nachschwingung bei 11 auch nicht vorbildlich ist, so ist sie doch noch eher als bei 12 herauszufinden. Die Darstellung der ersten Vorschwingung ist bei 11 wesentlich besser als bei 12. Eine zweite Vorschwingung vermißt man bei 11 und 12.

Das Ergebnis, das durch den erstmaligen Wechsel der Gummimembran zu Stande kam, war insofern zufriedenstellend, als doch nun die Kurve den ihrem Wesen wirklich

entsprechenden groben Umriß erhielt. Zu wenig treten aber einzelne markante Punkte hervor. Um auch diesen Übelstand zu beheben, kam von nun ab ein etwas schwächerer Gummi zur Verwendung. Der ursprüngliche Gummibezug hatte etwa die Stärke eines Untersuchungsfingerlings, der zweite die eines schwachen Fahrradgummischlauchs. Der dritte war etwa von der Güte eines weichen, sehr elastischen Gummihandschuhs. Das Resultat seiner Verwendung sind die folgenden beiden Kurven.

Fall 5: Dunkelfuchsstute, Zahnalter $5^1/_2$ Jahre, mittelschweres Arbeitspferd in gutem Nährzustand. Die sichtbaren Schleimhäute sind etwas höher gerötet und haben einen Stich ins Gelbliche. Der Puls schlägt 64 mal in der Minute. Es ist kaum fühlbar, die Arterie ist wenig gespannt. Der Herzstoß ist nicht sichtbar, nur schwach fühlbar. Das Herzdämpfungsfeld reicht bis zur 6. Rippe. Die Herztöne sind gut hörbar, rein, deutlich voneinander abgesetzt, beide etwas akzentuiert. Appetit ist schlecht, das Tier macht einen apathischen Eindruck. Klinische Diagnose: Solaninvergiftung?

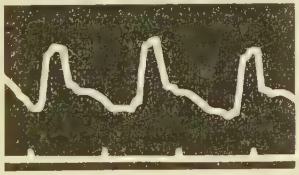

Abb. 13

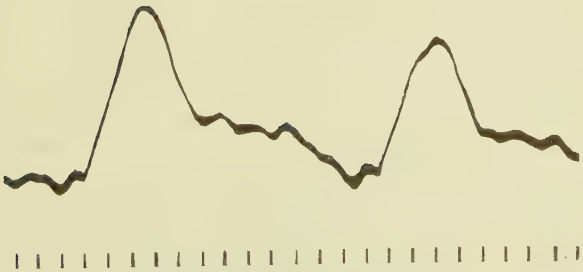

Abb. 14

Das Ansteigen der Linie bis zum systolischen Hauptteil ist in beiden Kurven das gleiche. Die in 13 auftretende Knickung scheint eine Eigenart des Aufnahmeapparates zu

sein, da sie bei Kurve 14 nicht verzeichnet ist. An ihre Stelle tritt bei 14 eine kaum merkliche Abbiegung der Linie; die bei Kurve 13 markierte Anfangsschwingung ist der in der ersten Kurve von 14 sehr ähnlich. Ebenso steht es mit dem Gipfel des systolischen Hauptteils. Die Inzisur ist bei 13 überall sehr schön dargestellt, bei 14 ebenso. Die Nachschwingung von 14 ist 13 gegenüber verschwommen. Dafür sind erste und zweite Vorschwingungen an beiden Pulsbildern ohne Tadel.

Fall 6: Brandfuchsstute, Zahnalter ca. 18 Jahre, mittelschweres Arbeitspferd, von kräftigem Körperbau und sehr gutem Ernährungszustand. Sichtbare Schleimhäute blaßrosarot. Der Puls schlägt 40 mal in der Minute. Er ist mittelgroß, mittelkräftig, gleich- und regelmäßig, die Arterie ist mäßig gespannt. Der Herzstoß ist nicht sichtbar und nur schwach fühlbar. Das Herzdämpfungsfeld reicht bis zur 6. Rippe. Beide Herztöne sind gut hörbar, sie sind rein, deutlich voneinander abgesetzt. Nebengeräusche bestehen nicht.

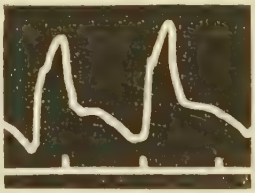

Abb. 15

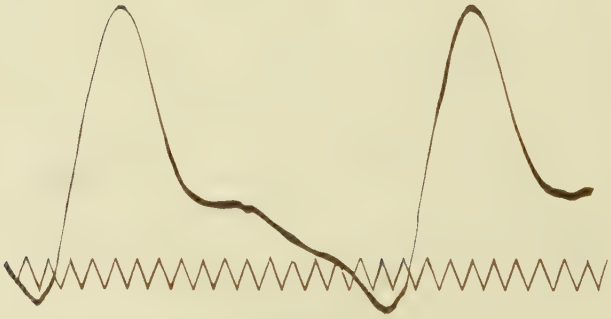

Abb. 16

Das Pulsbild dieses Pferdes hat auf beiden Kurven soviel Ähnlichkeit, daß man sie sofort als zusammengehörig erkennen kann.

Zunächst wieder bei 15 im systolischen Anstieg eine Knickung, als Eigenart des aufzeichnenden Instruments aufzufassen, dann die wenn auch nur bei einzelnen Kurven ganz schwach angedeutete Vorschwingung. Eine Inzisur ist nicht vorhanden. Bei 16 dementsprechend Aufstieg in einer fast geraden, kaum durchgebogenen Linie. Den Gipfel bildet ein spitzer Bogen. Auch hier ist von einer Inzisur nichts zu sehen. Dagegen ist die Nachschwingung bei 15 und 16 sehr gut ausgeprägt. Erste und zweite Vorschwingung sind fast durchweg gut sichtbar.

Nach dem Vergleich der beiden letzten Kurvenpaare miteinander kann man wohl sagen, daß sich diese von allen bisher besprochenen Kurven am nächsten kommen. Es wäre somit die Bespannung der Registrierkapsel in diesen Fällen als für die Aufnahme von Kurven bei Pferden geeigneteste anzusehen.

Ort der Ableitung.

Hinsichtlich dieses Punktes sagt schon Hartmann (16), daß die Sphygmogramme der peripherischen Gefäße bei der von ihm geübten Methode derart verschieden ausfielen, daß es schwer war, aus diesen Kurven endgültige Schlüsse zu ziehen. Immerhin versuchte ich mit dem optischen Pulsregistrierer Aufnahmen zu gewinnen, in der Annahme, daß vielleicht die von ihm verzeichneten Kurven etwas besonderes aufweisen könnten.

Als Versuchstier verwandte ich wiederum das Pferd, von dem die beiden letzten Kurven stammen. Es hatte vor vielen anderen, mit denen ich mich vergebens abmühte, den großen Vorzug, ruhig zu stehen und während der Aufnahmen am Kopfe einigermaßen still zu halten. Zunächst versuchte ich es mit derselben Apparatur zu arbeiten, wie ich sie bei Aortenableitung gebrauchte. Das Ergebnis geben die beiden nächsten Kurven wieder. Die erste Kurve ist von der Arteria maxillaris externa abgeleitet, die zweite von der Arteria transversa faciei. Von der Arteria mediana eine Kurve zu gewinnen, war bei der starken Bemuskelung des Tieres leider nicht möglich.

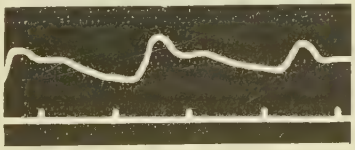

Abb. 17.

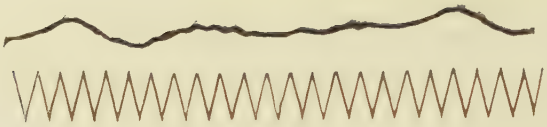

Abb. 18.

Kurve 17 zeigt das, was schon früher von anderen Autoren geliefert und beschrieben wurde. Ein als Gegensatz zur Aortenkurve nicht so steiler Anstieg, ein stumpfer, abgerundeter Gipfel, von dem aus die Kurve ganz allmählich zum Fußpunkt abfällt. Unterbrochen wird der absteigende Schenkel in seinem geraden Verlaufe durch eine flache Mulde. Sie ist der Inzisur des zentralen Pulses rein äußerlich vergleichbar, der Entstehung nach jedoch nicht gleichbedeutend. Ihr folgt als ebenso flacher Wellenberg die dikrote Welle. Die nächste vor dem aufsteigenden Kurvenschenkel verzeichnete noch flachere Welle, eine weitere Eigenart des peripherischen Pulses, werde ich im folgenden kurzerhand als Nachwelle bezeichnen. Kurve 18 läßt im Vergleich zu 17 in der Wiedergabe der einzelnen Phasen zu wünschen übrig. Das, was den Wert für ihre Beurteilung mindert, sind die vielen kleinen Schwankungen, die trotz möglichst ruhiger Haltung der Aufnahmekapsel und verschiedener Aufnahmeversuche nicht zu vermeiden waren. Der Aufstieg der Kurve zum Gipfel ist hier ein ganz allmählicher. Der Gipfel selbst bildet zum Teil eine direkte Kante. Der Abstieg verläuft ebenso wie der Aufstieg. An ihm ist an allen Kurven die Inzisur deutlich erkennbar. Die dikrote Welle schließt sich als flacher, ziemlich weit ausholender Bogen an. Den Schluß bildet die Nachwelle, die sich allerdings nicht überall vorfindet.

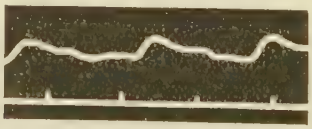

Abb. 19

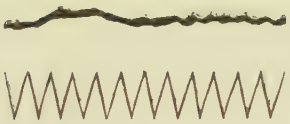

Abb. 20

Kurve 19 der Arteria transversa faciei ähnelt im großen und ganzen der Kurve 17 der Arteria maxillaris externa. Sie unterscheidet sich nur von dieser durch ihre geringere Höhe. Hierdurch erscheinen auch Inzisur und dikrote Welle flacher. Von einer Verzeichnung der Nachwelle kann kaum eine Rede sein. Kurve 19 gegenüber fiel Kurve 20 derselben Arterie sehr schlecht aus. Die ganze Kurvenwelle bildet hier nur noch einen ganz niederen Bogen. Die dikrote Welle ist nach dem ersten Kurvenverlauf nur schwach angedeutet. Sonst ist sie überhaupt nicht vorhanden.

Ein derartiges Ergebnis, wie es der optische Pulsregistrierer unter diesen Umständen lieferte, konnte natürlich nicht befriedigen. Die Empfindlichkeit der Registrierkapsel mußte erhöht werden durch Bespannung mit einer dünneren Gummimembran. Ich verwandte dazu die, wie sie ursprünglich der Apparat zum Gebrauch in der Humanmedizin trug. Ihre Stärke kommt annähernd der eines dünnen Untersuchungsfingerlings nahe.

Die hierbei entstandene Kurve der Arteria maxillaris externa unterscheidet sich von der vorangehenden ziemlich stark.

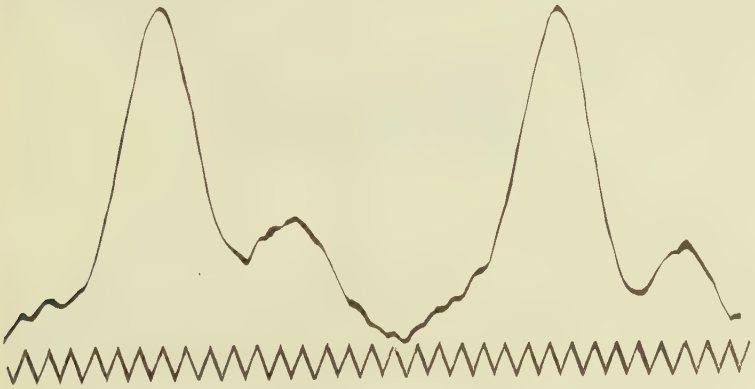

Abb. 21

Der systolische Anstieg verläuft hier ebenso steil wie an der von der Aorta abdominalis desselben Pferdes gewonnenen Kurve. Den Gipfel bildet eine mehr oder weniger spitze Zacke. Bei der zweiten Kurve möchte man fast gewillt sein, von der Andeutung einer Anfangsschwingung zu sprechen, wie sie dem zentralen Pulse eigen ist. Die Inzisur hebt sich bei allen Kurven deutlich hervor. Ihr schließt sich als ziemlich hoher Berg die dikrote Welle an. Auch das Vorhandensein einer Nachwelle ist gut zu erkennen. Vor dem systolischen Anstieg findet sich eine Schwingung, die wiederum stark an die Form des zentralen Pulsbildes erinnert. Sie hat Ihre Lage da, wo man beim zentralen Puls die zweite Vorschwingung antrifft.

Nun zur Besprechung der von der Arteria transversa faciei abgenommenen Kurve.

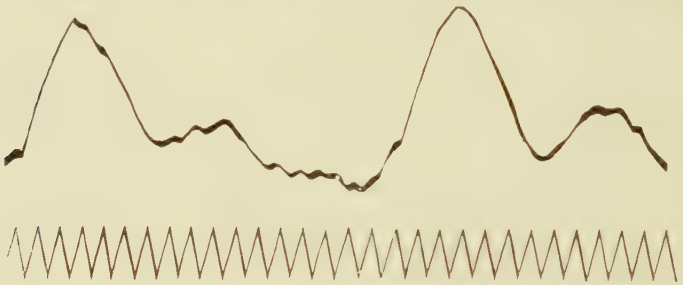

Abb. 22

An- und absteigender Kurventeil erscheinen hier wegen der geringen Kurvenhöhe weniger steil, der Gipfel hat hier außerdem einen etwas flacheren Verlauf angenommen. Inzisur und dikrote Welle kommen gut zur Geltung, eine Nachwelle ist dagegen nicht immer vorhanden.

2. Hunde.

Art der Aufnahme.

Mit dem Marey'schen Transmissionssphygmographen von der Aufmachung, wie ich ihn für die Aufnahme von Pferdepulskurven verwandte, eine einigermassen befriedigende Kurve zu erhalten, gelang mir trotz verschiedener Versuche, bei denen ich als Aufnahmevorrichtung sowohl kleine Glastrichter verschiedener Größe, als auch die Kapsel benutzte, nur einmal. Als Versuchsobjekt hatte ich in diesem Falle einen sehr großen Hund von trockener Konstitution zur Verfügung. Alle übrigen Kurven verdanken ihre Entstehung dem optischen Pulsregistrierer. Die Geschwindigkeit des ablaufenden Films betrug bei allen Aufnahmen mit einer Ausnahme 40 mm pro Sekunde.

1. Fall: Deutscher Doggenrüde, $1^1/_2$ Jahre alt, von kräftigem Körperbau und mäßig gutem Ernährungszustand. Sichtbare Schleimhäute blaßrosarot. Der Puls schlägt 84 mal in der Minute. Er ist groß, kräftig, gleich- aber unregelmäßig. Die Arterie ist gut gespannt. Der Herzstoß ist deutlich sichtbar und gut fühlbar. Das Herzdämpfungsfeld reicht bis zur 7. Rippe. Die Herztöne sind gut zu hören, sie sind rein und deutlich von einander abgesetzt. Nebengeräusche bestehen nicht.

Eine gewisse Ähnlichkeit des von diesem Tiere erhaltenen Sphygmogramms, das an der Arteria femoralis abgeleitet ist, mit einem von einer peripherischen Arterie eines Pferdes gewonnenen, den Gebrauch desselben Apparates vorausgesetzt ist nicht zu leugnen.

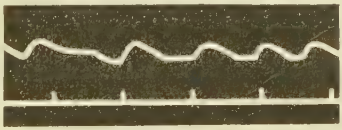

Abb. 23

Dem allmählich zu einem flachen, abgerundeten Gipfel aufsteigenden Schenkel folgt ein noch langsamer absteigender. Unterbrochen wird dieser, allerdings nicht an jeder Kurve, durch eine seichte dikrote Welle, vor der sich die Inzisur als flache Mulde geltend macht.

Ein nicht viel besseres Bild stellt die zweite Kurve dar. Zu ihrer Registrierung diente als Aufnahmevorrich-

tung das mittlere von den drei zu dem Apparat gelieferten Glastrichterchen.

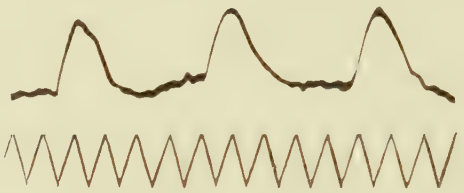

Abb. 24

An- und absteigender Schenkel erscheinen hier wegen der größeren Kurvenhöhe steiler. Was danach kommt, ist leider der hier auftretenden Zitterlinien wegen nicht gut zu erkennen. Immerhin sieht man, wenn auch nicht überall, eine Andeutung von dikroter Welle. Neu hinzu kommt hier das Auftreten einer Nachwelle.

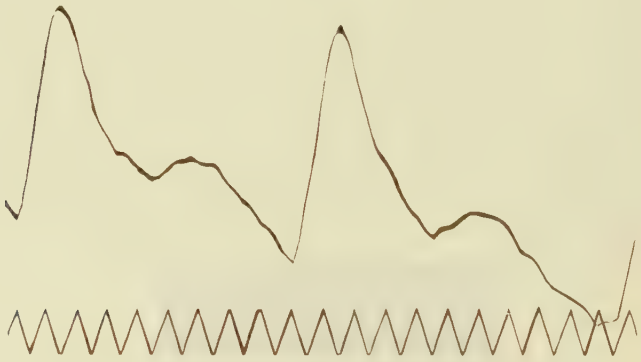

Abb. 25

Das mit dem größten der drei Trichterchen erzielte Pulsbild erreicht mehr als die doppelte Ausschlagshöhe des ersten. Mit dem größeren Ausschlag wird auch hier wieder der Kurvengipfel dementsprechend kantiger. Inzisur und dikrote Welle kommen bei weitem besser heraus als bei den beiden vorangehenden Sphygmogrammen. Die Nachwelle ist aber nur einmal gut markiert.

Abb. 26

Allen vorangehenden Bildern überlegen ist die mit Hilfe der Aufnahmekapsel gewonnene Kurve. Bei ihr sind die in Betracht kommenden Phasen am schärfsten und durchgehend gleichmäßig wiedergegeben. Ihre Ausschlagshöhe kommt etwa der gleich, wie sie mit dem mittleren Trichter erzielt wurde. Auf- und absteigender Kurvenast haben auch hier die nämliche Winkelstellung zueinander. Der Gipfel bildet aber eine spitze Zacke. Die Inzisur und anschließende dikrote Welle haben die Form eines ziemlich tiefen Wellentals und dementsprechenden Wellenberges. Die Nachwelle ist meistenteils gut zu erkennen.

2. Fall: Deutsche Rauhhaarhündin, ca. 4 Jahre alt, von mittelkräfttigem Körperbau und mäßigem Ernährungszustand. Sichtbare Schleimhäute mit Ausnahme der Konjunktiven blaßrosarot, diese etwas höher gerötet (kein Ektropium). Der Puls schlägt 103 mal in der Minute. Er ist groß, kräftig, gleich- aber unregelmäßig. Die Arterie ist ziemlich gut gespannt. Der Herzstoß ist gut sichtbar und gut fühlbar. Das Herzdämpfungsfeld reicht bis zur 7. Rippe. Die Herztöne sind sehr gut hörbar, sie sind rein, deutlich voneinander abgesetzt, Nebengeräusche bestehen nicht.

Die Verwendung des mittleren Trichterchens zur Aufnahme ergab die nun zu besprechende Kurve. Sie, wie die übrigen von diesem Hunde, wurde ausnahmsweise bei einer Papiergeschwindigkeit von 23 mm pro Sekunde aufgenommen.

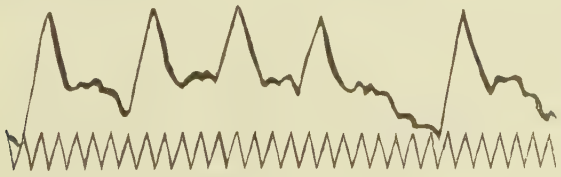

Abb. 27

Auf- und absteigender Schenkel verlaufen hier wie bei den vorangehenden Kurven gerade bis zur überall

gut zum Ausdruck kommenden Inzisur. Der zuvor beschriebene Kurvengipfel besteht aus einer spitzen Zacke. Die dikrote Welle hat der vorhandenen Zitterlinien wegen an vielen der Einzelkurven einen verschwommenen Charakter. Ebenso steht es mit der Nachwelle.

Das Resultat, das der Gebrauch des größten Trichterchens als Aufnahmevorrichtung zeitigte, ist von geringer Güte. Es ist schon deshalb, weil die Zeitschreibung wichtige Kurvenabschnitte verdeckt, schwer zu beurteilen.

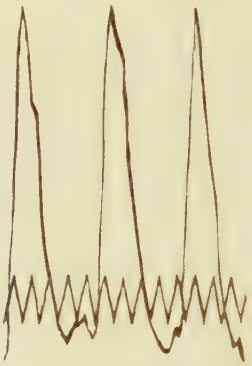

Abb. 28

Der aufsteigende Kurvenschenkel ist auch hier eine Gerade. Der Gipfel ist spitz. Am abfallenden Schenkel ist, nicht weit von der Kurvenspitze entfernt, eine mehr oder weniger ausgeprägte Knickung vorhanden, die sonst an keiner der von diesem Hunde stammenden Kurven auftritt. Die ziemlich weit unten auftretende Inzisur kennzeichnet sich in der gleichen Weise. Die Beschaffenheit der dikroten Welle und der Nachwelle genau wiederzugeben, ist wegen der überdeckenden Zeitschreibung unmöglich.

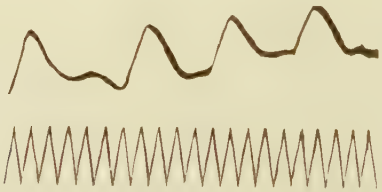

Abb. 29

Die mittels des kleinsten Trichterchens gefertigte Kurve zeigt geraden Auf- und Abstieg bis zur Inzisur. Die Kurvenspitze ist hier etwas stumpfer, als die der vorhergehenden Kurven. Die ganze Kurvenhöhe macht etwas mehr als die Hälfte von der aus, wie sie mit dem mittleren Trichter erzielt wurde. Inzisur und dikrote Welle bilden ein flaches Wellental, dem ein ebensolcher Wellenberg folgt. Eine weitere Differenzierung weist die Kurve nicht auf.

Die nun folgende Kurve entstand unter Benützung der Aufnahmekapsel.

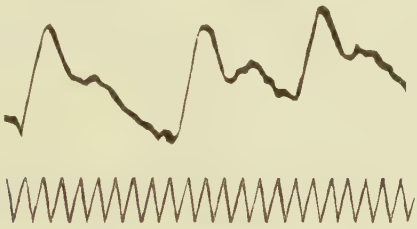

Abb. 30

Die Ausschlagshöhe kommt so ziemlich der gleich, wie sie der ersten mit dem mittleren Trichterchen erhaltenen Kurve eigen ist. Die Form des auf- und absteigenden Schenkels, ebenso der Gipfelspitze, ist die nämliche, wie die der vorhergehenden Kurve. Das was sich allen übrigen Kurven gegenüber anders verhält, ist die Höhenlage der Inzisur. Während sie bei diesen fast den Fußpunkt der Kurve erreicht, hält sie sich hier fast durchgehend auf halber Kurvenhöhe. Die Tiefe der die Inzisur darstellenden Einsenkung ist ebenso wie die Höhe der dikroten Welle beträchtlicher als sie die bisherigen Kurven aufweisen. Als etwas besonderes kann außerdem noch die Nachwelle gelten, die fast überall, wenn auch nicht immer sehr gut, auftritt.

3. Fall: Deutschdrahthaarrüde, 2 Jahre alt, von kräftigem Körperbau und mäßig gutem Ernährungszustand. Sichtbare Schleimhäute blaßrosarot; der Puls schlägt 75 mal in der Minute. Er ist groß, sehr kräftig, gleich- aber unregelmäßig. Die Arterie ist mäßig gespannt. Der Herzstoß ist sehr gut sichtbar und ebenso gut fühlbar; das Herzdämpfungsfeld reicht bis zur 7. Rippe. Die Herztöne sind gut hörbar, sie sind rein, deutlich voneinander abgesetzt, Nebengeräusche bestehen nicht.

Die Verwendung des größten Trichterchens zeitigte ein Ergebnis, das dem des vorangehenden Falles gleichkam.

Der erzielte Ausschlag war so groß, daß er gar nicht ganz auf den Film kam. Die Kurve war außerdem so unübersichtlich, daß auf eine Registrierung Verzicht geleistet wurde.

Mit Hilfe des mittleren Trichterchens entstand die nun folgende Kurve.

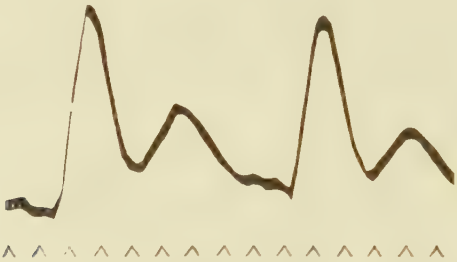

Abb. 31

An- und absteigender Ast gerade verlaufend, Gipfel eine spitze Zacke, ein Kurvenbild, das an den vorangehenden Fall sehr erinnert. Die Inzisur erreicht auch hier bei den meisten Einzelkurven fast den Fußpunkt der Kurve. Die Inzisur hat nichts besonderes an sich, die dikrote Welle ist von beträchtlicher Höhe. Eindeutig tritt hier eine Nachwelle nicht auf.

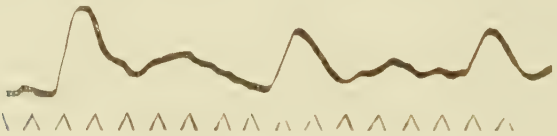

Abb. 32

Der Größe des kleinen Trichterchens entspricht auch die Ausschlagshöhe der mit ihm erhaltenen Kurve. Sie beträgt etwas mehr als die Hälfte derjenigen, die die mit dem mittleren Trichter gewonnene aufweist. Ein Verhältnis, das auch, wie schon erwähnt, im Fall 2 besteht. Die beiden Schenkeläste haben der geringen Kurvenhöhe wegen einen etwas stumpferen Winkel angenommen. Der Kurvengipfel ist etwas abgerundeter. Die Inzisur ist nicht weit von der Kurvenbasis entfernt. Inzisur und dikrote Welle haben ziemlich große Ausmaße. Auch bei ihnen ist die Linienführung eine gut abgerundete. Ein Vorzug der Kurve ist die durchgehende, zum Teil sehr gute Markierung der Nachwelle.

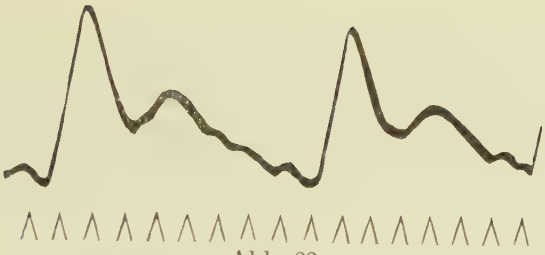

Abb. 33

Die Kapselaufnahme hat wie in den bisher angeführten Fällen eine Kurvenhöhe gezeitigt, die der mit dem mittleren Trichter erhaltenen gleichkommt. Die Ähnlichkeit erstreckt sich auch auf Aszensions-, Deszensionslinie und dikrote Welle. Etwas, wenn auch nicht sehr viel höher, liegt nur hier wieder die Inzisur. Auseinander weichen die beiden Kurven insofern noch, als bei letzterer die Nachwelle in jeder einzelnen Kurve sich als verhältnismäßig große Welle anzeigt.

Ort der Ableitung.

Alle im Vorstehenden enthaltenen Kurven verdanken ihre Entstehung der Ableitung von der Arteria femoralis, der Arterie, an der man bei der klinischen Untersuchung eines Hundes den Puls abzunehmen gewohnt ist. Versuche andere Arterien, so die Arteria brachialis und Arteria saphena zu diesem Zwecke zu benützen, schlugen zum Teil ganz fehl, zum Teil waren sie äußerst unbefriedigend. Auch der Gedanke analog dem Pferde von der Aorta abdominalis eine Ableitung zu versuchen, wurde erwogen. Der fragliche Hund, dessen Nährzustand als sehr schlecht zu bezeichnen war, mußte vor der Aufnahme volle 2 Tage hungern. Zur Aufnahme wurde er mit dem Rücken auf einen schräg gestellten Tisch gelegt, Kopf nach unten, so daß die Baucheingeweide nach dem Zwerchfell hin sich verlagerten. Die mäßig gespannten Bauchdecken wurden soweit wie möglich der Wirbelsäule genähert und nun hierauf die Aufnahmekapsel an verschiedenen Stellen der Lage der Aorta abdominalis entlang angelegt. Der Erfolg war durchaus negativ. Verzeichnet waren auf der gewonnenen Kurve nur die Atembewegungen des Tieres. Aus alledem geht hervor, daß die Arteria femoralis die gegebene Arterie zur Ableitung bei der Aufnahme von Hundesphygmogrammen ist.

Kritische Betrachtung.

Dem Verfasser fällt in vorliegender Abhandlung die Aufgabe zu, einen Beitrag zur Förderung und Weiterentwicklung der Sphygmographie in der Veterinärmedizin zu liefern. Für die spätere Ausführung dieser Untersuchungsmethode in der Klinik muß zunächst eine Basis geschaffen werden.

Der bisher in der Veterinärmedizin gebrauchte Pulsschreiber ist der Marey'sche Transmissionssphygmograph. Wie bei jedem Mechanismus treten bei diesem Apparate Trägheitskräfte infolge der Schwere der bewegten Massen und Dämpfungskräfte infolge der Reibung der einzelnen Systemteile aneinander auf. Die Größe dieser beiden Faktoren nach Möglichkeit zu verringern, ist Sache des Konstrukteurs solcher Apparate.

Als vollkommenster Pulsschreiber ist der Frank-Petter'sche Sphygmograph anzusprechen, da bei ihm die Masse auf ein Minimum reduziert ist, und die Reibung praktisch überhaupt nicht in Betracht kommt. Nur das Vorhandensein der Luftübertragung kann als Fehlerquelle gelten, die in der Elastizität der verschiedenen Gummiteile und der in ihnen enthaltenen Luft ihre Ursache hat. Sie auszuschalten ist in der Veterinärmedizin nicht möglich, da die Apparate der direkten Methode sich bei Tieren nicht bewähren.

Der Erfolg in der Sphygmographie hängt von der ordnungsmäßigen Ausführung der Aufnahmetechnik nicht weniger als von der Güte der verwandten Apparatur ab. Voraussetzung für die Gewinnung einer guten Kurve ist ruhige Behandlung des zu untersuchenden Tieres, außerdem richtiges Anlegen der Aufnahmevorrichtung. Als solche ist eine ovale, mit mäßigstarkem Gummi bespannte Kapsel sowohl beim Pferd wie beim Hund allem Anderen vorzuziehen.

Der nach dem Frank'schen Prinzip von der Firma Siemens & Halske für humanmedizinische Zwecke gebaute optische Pulsregistrierer ist ohne Abänderung für die Aufnahme von Pferdepulskurven an der Aorta abdominalis nicht zu gebrauchen. Die Einschaltung eines mittels Klemmschraube regulierbaren, offenen Nebenschlusses führt nicht zum gewünschten Erfolg, da sie eine Entstellung der entstehenden Kurve verursacht. Die Bespannung der Registrier-

kapsel mit starkem Gummi läßt die Einzelheiten der Kurve zu wenig hervortreten. Erst die Benützung einer mittelstarken Membran entspricht den gestellten Anforderungen.

Bei der Abnahme der Pulskurve an peripherisch gelegenen Arterien erweist sich jedoch diese Gummimembran als zu stark. Hier ist der ursprüngliche Gummibezug der geeignetste. Sehr störend macht sich jedoch bei den mit letztgenannter Vorrichtung erhaltenen Pulsbildern das Auftreten von Zitterkurven bemerkbar. Sie verwischen den Charakter der Kurve sehr stark. Beim Vergleich der mit dem Marey'schen Transmissionssphygmographen und dem optischen Pulsregistrierer hergestellten Kurven zeigt sich, daß zwischen ihnen keine besonderen Unterschiede bestehen, mit einer Ausnahme. Bei etwa der Hälfte der untersuchten Fälle tritt bei den Rußkurven in der Aszensionslinie eine verschieden hoch liegende Knickung auf, die sich nach dem Vergleich mit der mittels optischem Pulsregistrierer gewonnenen Kurve und nach Identifizierung der übrigen Kurvenpunkte als Kunstprodukt herausstellt.

Der zur Aufzeichnung des Aortenpulses beim Pferd erbaute Marey'sche Transmissionssphygmograph wäre für die Aufnahme des peripherischen Arterienpulses weniger geeignet als der optische Pulsregistrierer, sofern nicht dieser seiner allzu großen Empfindlichkeit wegen Zitterkurven aufweisen würde. Die von peripherischen Arterien gewonnenen Kurven sind der Aortenkurve gegenüber der schwierigeren Ableitung und der geringeren Differenzierung wegen, die solchen Kurven eigen ist, als weniger wertvoll zu beurteilen.

Der optische Pulsregistrierer läßt sich in der Aufmachung, wie er für die humanmedizinischen Zwecke geliefert wird, zur Gewinnung von Arterienpulskurven beim Hunde recht wohl benutzen.

Die Verwendung der von der Firma gelieferten Trichterchen zur Aufnahme zeitigt wechselnde Erfolge. Überlegen ist ihnen die Aufnahmekapsel. Ihre Applikationsweise gestaltet sich einfacher als die der Trichterchen. Bei ihrem Gebrauch zeigt sich an den meisten Kurven eine Nachwelle, was bei den Trichterchen viel seltener der Fall ist. Die Höhenlage der Inzisur ist bei Kapselanwendung eine grössere als bei Trichterchen. Der Unterschied ist zum Teil ziemlich bedeutend. Die Frage, worauf sich die geringere Differenzierung der Kurve bei Gebrauch der Trichterchen zurückführen läßt, ist dahingehend zu beantworten, daß

die zur Aufnahme herangezogene Arterie durch den Druck des Trichterchens wesentlich stärker verengt wird, als durch den der Aufnahmekapsel, daß infolgedessen das mit dem Trichterchen aufgezeichnete Pulsbild eine mehr oder weniger starke Entstellung erfährt. Die für die Aufnahme beim Hunde geeignetste Arterie ist die Arteria femoralis.

Zusammenfassung.

Es wurden bei Pferden und Hunden mit dem Marey'schen Transmissionsphygmographen und dem von der Firma Siemens & Halske nach Frank'schem Prinzip gebauten optischen Pulsregistrierer Versuche angestellt, deren Endzweck es war, die Brauchbarkeit der beiden Apparate in der Veterinärklinik durch Vergleich der gewonnenen Kurven zu prüfen und zu bewerten.

Dabei wurden folgende Ergebnisse erzielt: Der zur Verfügung stehende Marey'sche Transmissionssphygmograph ist zur Aufnahme von Pferdepulskurven gut, zur Aufnahme von Hundepulskurven nur unter besonders günstigen Bedingungen geeignet, ergibt jedoch auch unter solchen nicht ganz zufriedenstellende Resultate.

Die Verwendung des nach Frank'schem Prinzip von der Firma Siemens & Halske gebauten optischen Pulsregistrierers zeitigt bei der Aufnahme von Pferde- und Hundesphygmogrammen gute Ergebnisse.

Für die Aufnahme bei Pferden empfiehlt sich die Bespannung der Registrierkapsel mit einer Gummimembran von Gummihandschuhstärke bei Aortenaufnahmen, von Untersuchungsfingerlingsstärke bei Aufnahme peripherischer Arterien.

Für die Aufnahme von Hunden bleibt der Apparat in der Verfassung, wie er für humanmedizinische Zwecke geliefert wird.

Als Aufnahmevorrichtung dient am besten eine ovale, mit Gummi bespannte Kapsel.

Der geeignetste Ort zur Aufnahme bei Hunden ist die Arteria femoralis.

Die Vorzüge des optischen Pulsregistrierers sind nicht so ins Gewicht fallend, daß der Marey'sche Transmissionssphygmograph in Zukunft überflüssig wäre. Denn mit letzterem sind für den Gebrauch in der Veterinärklinik immerhin recht brauchbare Ergebnisse zu erzielen.

Bei den der vorliegenden Arbeit beigegebenen Filmkurven handelt es sich um Erstveröffentlichungen in der Veterinärmedizin.

Am Schlusse meiner Arbeit möchte ich es nicht unterlassen, Herrn Professor Dr. Nörr für die gütige Überlassung des Themas und die stets bereitwillige Unterstützung meiner Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

1. Angerstein: Der Sphygmograph à transmission und die normale Pulskurve unter Anleitung von Tereg. (Archiv f. wiss. u. prakt. Tierheilkunde, Bd. 15, H. 6).
2. Bernstein: Sphygmophotographische Versuche. (Fortschr. d. Medizin Nr. 4, 1890).
3. Colin: Traité de la physiologie comparée des animaux. Tom. II. 1888.
4. Czermak: Sphygmische Bemerkungen. (Wien. Sitzungsber. 47, 438).
5. „ Sphygmische Studien. (Mitt. aus d. Privatlabor. 1864, S. 24).
6. Ellenberger: Vergleichende Physiologie der Haussäugetiere. I. Berlin 1890.
7. Fick: Gesammelte Schriften III. Würzburg 1904.
8. Frank u. Petter: Ein neuer Sphygmograph. (Ztschr. für Biologie 29, 70).
9. Frank: Der Puls in den Arterien. (Ztschr. f. Biologie 46, 441).
10. „ Arterienpuls. 1905.
11. „ Allgemeine Methodik II. Aus: Tigerstedt Handb. d. physiolog. Methodik, Leipzig 1911, Bd. 1, Abt. 4, I.
12. „ Hämodynamik. Ebenda Bd. 2. Abtlg. II.
13. Fröhner: Lehrbuch d. klinischen Untersuchungsmethoden für Tierärzte. Stuttgart 1923.
14. Gmelin: Über die physiologische Wirkung des Digitalins und dessen diagnostische Bedeutung bei der Pericarditis traumatica des Rindes. (Monatsh. für prakt. Tierheilkunde, 1899, 385).
15. Grashey: Die Wellenbewegung elastischer Röhren. Leipzig 1881.
16. Hartmann: Über Sphygmographie und ihre Anwendung beim Pferde und Rinde. Dresden 1910.
17. Hürtle: Pflügers Arch. 47, 1; 49, 55, 319; 82, 515.
18. Knoll: Arch. f. experim. Path. u. Pharm. IX. 1878.
19. Landois: Beiträge zur Pulslehre. (Arch. f. d. ges. Physiolog. 91, 509.)
20. Mach: Zur Theorie des Pulswellenschreibers. (Wien. Sitzungsber. 42, 2 S. 157.)
21. Marek: Klinische Diagnostik der inneren Krankheiten der Haustiere. Jena 1922.

22. Martin: Anwendung des Sphygmographen beim Pferd und die Pulskurve der Bauchaorta des Pferdes. (Schw. Arch. f. Tierheilkunde Bd. 30., H. 6, Bd. 31, H. 1.)
23. „ Das Sphygmogramm der Bauchaorta unserer Haustiere. (Deutsche Ztschr. f. Tiermed. 16 Bd. S. 255.)
24. Marey et Chauveau: Experience de Marey et Chauveau, 1861.
25. Marey et Chauveau: Physiologie expér. 1875—1879.
26. Nörr: Der Blutkreislauf. Aus: Ellenberger - Scheunert, Lehrb. d. vergl. Physiolog. d. Haussäugetiere. Berlin 1925.
27. „ 100 klinische Fälle von Herz- nnd Pulsarhythmie beim Pferde. (Monatsh. f. prakt. Tierheilk. 34. Bd.)
28. „ Pulsus alternans und Pulsus pseudoalternans beim Pferde. (Monatsh. f. prakt. Tierheilk. 34 .Bd.)
29. „ Pulsus myurus beim Pferde. (B. T. W. 1923.)
30. „ Hochgradige Herzhypertrophie, Erweiterung des arteriellen Systems und Extrasystolie bei einem Pferd.
31. „ Einige pharmako- und serotherapeutische Mitteilungen. (Münch. Tierärztl. Wochenschr. 1924.)
32. „ Pulsbefunde bei infektiöser und symptomatischer Anämie der Pferde. (Ztschr. f. Inf. Krankh., paras. Krankh. u. Hyg. d. Haust. Bd. 28, H. 1.)
33. „ Herz- und Pulsarhythmien. Wirth u. Stangs Enzyklopädie der Tierheilkunde.
34. „ Vergleichende pathologische Physiologie der Kreislauforgane.
Bethe's Handb. d. norm. u. path. Physiologie Bd. 7, 2. Hälfte.
35. Petter: Die Leistungen des Sphygmographen, 2. Abhdl. Spezielle Kritik des Sphygmographen. (Zeitschr. f. Biologie 51, S. 354).
36. „ Kritische Studien zur Entwicklung des Sphygmographen. Inaug. Diss. d. med. Fak. Gießen 1906.
37. Redtenbacher: Archiv d. Heilkunde 1858, S. 135.
38. „ Aus: Vierordt, Die Lehre vom Arterienpuls. Braunschweig 1855.
39. Röder u. Kunz-Krause: Versuche über die pharmakodynamische Wirkung der Digitalis-Dialysate bei Pferden. (Monatsh. f. prakt. Tierheilk. 1906, S. 344).
40. Straub: Methoden zur Aufnahme von Pulskurven. Aus: Abderhalden, Handb. der biolog. Arbeitsmethoden, 1923).

41. Sussdorf: Kreislauf. (Koch's Enzyklopädie der Tierheilkunde, Bd. 5, Lfg. 6).
42. „ Repertorium der Tierheilkunde, Bd. 49, H. 1.
43. Vierordt: Die Lehre vom Arterienpuls. Braunschweig 1855.
44. „ Die Anforderungen an den Sphygmographen. Archiv der Heilkunde 1858, S. 135.
45. Weber: Die Elektrokardiographie und andere graphische Methoden in der Kreislaufdiagnostik. Berlin 1926.
46. Weiss: Biophysik. Aus: Oppenheimer u. Weiss, Grundriß d. Physologie II. Teil, Leipzig 1925.

Lebenslauf.

Am 2. April 1904 wurde ich, Rudolf Maier, zu Montigny (Metz) als Sohn des Zahlmeisters Karl Maier und seiner Ehefrau Helene, geb. Scheller geboren. Ich besuchte erst die Seminar-Übungs-Schule zu Bamberg, dann die Volkshauptschule zu Erlangen und trat dort in das humanistische Gymnasium ein, an dem ich im Jahre 1924 das Reifezeugnis erhielt. Vom Sommersemester 1924 ab studierte ich Veterinärmedizin, bis zum Abschluß der tierärztlichen Vorprüfung in München, dann in Gießen. Dort legte ich das tierärztliche Fachexamen ab und erhielt im Juli 1928 die Approbation als Tierarzt. Seit dem Wintersemester 1927/28 befaßte ich mich mit vorliegender Arbeit in der Medizinischen Veterinärklinik zu Gießen, in der ich seit Oktober 1927 als Hilfsassistent tätig bin.